

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA PROGRAMA
DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E GESTÃO DO
CONHECIMENTO (EGC)

Heloise Manica Paris Teixeira

MODELO DE RECUPERAÇÃO E COMUNICAÇÃO DE
CONHECIMENTO EM EMERGÊNCIA MÉDICA COM
UTILIZAÇÃO DE DISPOSITIVOS PORTÁTEIS

Florianópolis
2009

Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária da
Universidade Federal de Santa Catarina

M278m Manica, Heloise

Modelo de recuperação e comunicação de conhecimento em emergência médica com utilização de dispositivos portáteis [tese] / Heloise Manica Paris Teixeira ; orientador, Mário A. R. Dantas. - Florianópolis, SC, 2009.

153 p.: il., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento.

Inclui referências

1. Engenharia e gestão do conhecimento. 2. Ontologia. 3. Computação móvel. 4. Recuperação e comunicação de conhecimento. 5. urgência e emergência. I. Dantas, Mário A. R. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento. III. Título.

CDU 659.2

HELOISE MANICA PARIS TEIXEIRA

**MODELO DE RECUPERAÇÃO E COMUNICAÇÃO DE
CONHECIMENTO EM EMERGÊNCIA MÉDICA COM
UTILIZAÇÃO DE DISPOSITIVOS PORTÁTEIS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, da Universidade Federal de Santa Catarina, para a obtenção do título de Doutora em Engenharia e Gestão do Conhecimento, aprovada pela Banca Examinadora, composta por:

Prof. Mário Dantas, Dr., UFSC - Presidente - Orientador

Prof. José Leomar Todesco, Dr., UFSC - Coorientador

Profa. Silvia Modesto Nassar, Dra., UFSC - Moderadora

Profa. Iara Augustin, Dra., UFSM - Membro

Prof. Martius Vicente Rodriguez y Rodriguez, Dr., UFF - Membro

Prof. Luiz Felipe Nobre , Dr., UFSC - Membro

Prof. Roberto Carlos dos Santos Pacheco, Dr.,
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e
Gestão do Conhecimento

*Aos meus pais, Luiz e
Therezinha e ao meu
esposo Rubens.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida.

Ao professor Mário A. Dantas, pela amizade e pela sua dedicação e competência no cumprimento do seu papel de orientador.

Ao professor José Leomar Todesco, coorientador, pelos conselhos e pela liberdade proporcionada durante a realização deste trabalho.

Aos professores do EGC que contribuíram com seus ensinamentos e também aos funcionários do EGC pelo empenho em nos atender sempre que solicitados.

A todos do SAMU (Florianópolis e Maringá) que colaboraram com a pesquisa, em especial à médica Aldinéa Walkoff, por contribuir com seu conhecimento de especialista em emergência.

Ao mestrando Cristiano Ruiz Cortez, pela sua contribuição na implementação do protótipo.

A todos os amigos que acompanharam e compartilharam as angústias e alegrias dos desafios desta jornada, em especial: Daniela, Giani e Juçara.

Aos amigos Viviane e Filipe, que estavam sempre prontos para me receber durante minhas viagens a Florianópolis.

Aos colegas de trabalho e alunos da FAFIMAN, pela compreensão, companheirismo e amizade.

Aos meus familiares, por sempre apoiarem meus estudos, em especial à minha mãe, Therezinha, que sempre procurou aliviar meus momentos difíceis com sua dedicação de mãe.

Ao meu esposo Rubens, pelo companheirismo e por apoiar cada passo, sempre ao meu lado com carinho e otimismo.

Finalmente, a todos que não foram citados, mas que de alguma forma contribuíram e torceram por mim!

*“Se enxerguei mais longe
foi porque me apoiei nos
ombros de gigantes”*
(Isaac Newton).

RESUMO

A evolução da tecnologia de computação móvel e a crescente informatização em ambientes hospitalares viabilizam o uso de dispositivos portáteis para apoiar as atividades de profissionais que atuam em emergência médica. O ambiente de emergência é caracterizado pela mobilidade e atendimentos que podem ocorrer em situações bastante adversas como tumultos, locais de risco, mau tempo e com recursos escassos. Todos os pacientes, que se encontram em situação risco, devem ser atendidos e tratados da mesma maneira, seguindo os padrões de atendimento determinados pelas organizações de saúde. Adicionalmente, limitações tecnológicas podem dificultar a comunicação e o acesso à informação para tomada de decisão clínica. O processo de assistência médica emergencial é intensivo em conhecimento. Parte deste conhecimento é declarado quando especialistas executam consultas em bases de conhecimento, utilizando seus dispositivos portáteis. Capturar conhecimento neste ambiente complexo sem introduzir alterações na rotina de atendimento é um desafio. Esta pesquisa tem como objetivo principal apresentar um modelo diferenciado de recuperação de documentos para apoiar a decisão clínica com a utilização de dispositivos móveis. Desta forma, qualquer terminologia informal no domínio é extraída sem interferir no fluxo de trabalho dos profissionais em urgências e emergências médicas. O modelo proposto contribui com o desenvolvimento de terminologia para indexação e recuperação da informação em bases de conhecimento. Um *cache* baseado na semântica das consultas é proposto para auxiliar na extração de conhecimento e tratar limitações tecnológicas. Para testar a viabilidade do modelo proposto, foi desenvolvido um protótipo que foi projetado para funcionamento em um dispositivo portátil. Simulações de estudos de casos, utilizando o protótipo, indicam que o objetivo foi alcançado com sucesso. Adicionalmente, observaram-se contribuições interessantes para aplicações em ambiente de emergência médica como a redução do tempo de resposta de consultas, do consumo de bateria e o aumento da disponibilidade de informação em momentos de desconexão.

Palavras-chave: Recuperação e comunicação de conhecimento, urgência e emergência, ontologia, computação móvel.

ABSTRACT

The mobile computing technology development and the informatization increase inside hospital environment enable the use of portable devices to support the personnel activities in emergency care. The emergency environment is characterized by mobility and care that can occur in very adverse situations as riots, hazardous locations, bad weather and scarce resources. All patients, who are at risk situation, should be seen and treated in the same way, following certain care standards proposed by health organizations. Additionally, technological limitations may impede the communication and access to information for clinical decision making. Medical emergency process is knowledge intensive. Part of this knowledge is declared when experts perform queries in knowledge bases, using their handheld devices. Capturing knowledge in this complex environment without introducing changes in their routine is a challenge. This research's main objective is to present a differentiated model of document retrieval to support clinical decision making with the use of mobile devices. Thus, any informal terminology in the field will be extracted without disturbing the workflow for professionals in emergencies and medical emergencies. The proposed model contributes to the development of terminology for indexing and information retrieval in knowledge bases. A *cache* based on the semantics from queries is proposed to assist in knowledge extraction and process limitations. We developed a prototype to test the feasibility of the proposed model that was designed to run on a portable device. Simulations of case studies using the prototype indicate that the objective was achieved successfully. Additionally, there were some interesting developments for applications in an environment of medical emergency such as reducing response time for consultations, the battery consumption and increase the availability of information in times of disconnection.

Key-Words: Knowledge retrieval and communication, urgency and emergency, ontology, mobile computing.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Utilização de PDA por profissionais de saúde..... | 10 |
| Figura 2: Tipos de pesquisas sobre PDA em saúde..... | 12 |
| Figura 3: Exemplo de índice em CS..... | 15 |
| Figura 4: Processamento de consultas no CS..... | 16 |
| Figura 5: Possíveis relações entre uma consulta e o segmento. | 16 |
| Figura 6: Relação entre um segmento S e uma consulta Q | 18 |
| Figura 7: Partes disjuntas após fragmentação híbrida. | 19 |
| Figura 8: Conversão do conhecimento..... | 22 |
| Figura 9: Classificação de Ontologia | 27 |
| Figura 10: Princípios da MBE..... | 35 |
| Figura 11: Relação linguagens e formalismos..... | 39 |
| Figura 12: Linguagem OWL..... | 40 |
| Figura 13: Correspondência entre nomenclaturas Protégé-OWL e Protégé-Frames. | 42 |
| Figura 14: Ambiente Gráfico do Protégé-OWL..... | 42 |
| Figura 15: Exemplo de Busca na Biblioteca Virtual em Saúde. | 46 |
| Figura 16: Exemplo de Busca na Biblioteca Virtual em Saúde. | 47 |
| Figura 17: Incorporação de conhecimento explícito. | 53 |
| Figura 18: Incorporação de Conhecimento. | 54 |
| Figura 19: Diagrama de sequência UML: introdução ao modelo proposto..... | 55 |
| Figura 20: Exemplo de consulta ao DeCS..... | 56 |
| Figura 21: Hierarquia de classes. | 61 |
| Figura 22: Principais relacionamentos entre as classes. | 64 |
| Figura 23: Relacionamentos entre as classes Documento e Rotina..... | 65 |
| Figura 24: Exemplos de consultas no Protégé..... | 66 |
| Figura 25: Diagrama de sequência UML: desenvolvimento da terminologia. | 69 |
| Figura 26: Exemplos na ferramenta Protégé..... | 71 |
| Figura 27: <i>Cache</i> semântico proposto..... | 72 |
| Figura 28: Diagrama de sequência: processamento da consulta. | 73 |
| Figura 29: Diagrama caso de uso – Especialista. | 82 |
| Figura 30: Interface: possíveis filtros de busca. | 83 |
| Figura 31: Arquitetura do protótipo. | 85 |
| Figura 32: Algoritmo de busca no dispositivo móvel. | 89 |
| Figura 33: Algoritmo de busca no servidor..... | 90 |
| Figura 34: Algoritmo de análise de termos. | 92 |

| | |
|--|-----|
| Figura 35: Ambiente experimental. | 96 |
| Figura 36: Diagrama de caso de uso: funcionalidades no protótipo. | 97 |
| Figura 37: Porcentagem de acertos. | 100 |
| Figura 38: Consumo de bateria.. | 100 |
| Figura 39: Tempo de resposta..... | 101 |
| Figura 40: Ilustração do experimento para Q1..... | 103 |
| Figura 41: Ilustração de um segmento semântico. | 104 |
| Figura 42: Efeito da execução de Q2 na classe IndexacaoSugerida. .. | 105 |
| Figura 43: Ilustração do experimento para Q3..... | 107 |
| Figura 44: Atualização do léxico com o termo EKG. | 107 |
| Figura 45: Efeitos na classe Lexico_UE após consulta Q4..... | 108 |
| Figura 46: Efeitos na classe IndexacaoSugerida após consulta Q4..... | 109 |
| Figura 47: Ilustração do experimento para Q5..... | 110 |
| Figura 48: Diagrama de classes – Servidor..... | 133 |
| Figura 49: Diagrama de classes – Dispositivo Móvel..... | 134 |
| Figura 50: Diagrama de sequência – Consulta no dispositivo móvel. | 135 |
| Figura 51: Diagrama de sequência – Tempo da última consulta. | 136 |
| Figura 52: Diagrama de sequência – Visualizar cache. | 136 |
| Figura 53: Diagrama de sequência – Limpar cache. | 136 |
| Figura 54: Diagrama de sequência – Carregar tempo de roteiro..... | 137 |
| Figura 55: Diagrama de sequência – Taxa de acertos..... | 137 |
| Figura 56: Diagrama de sequência – Executa roteiro | 138 |
| Figura 57: Diagrama de sequência – Consulta no servidor..... | 139 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|-----|
| Tabela1: Conceitos abordados em rotinas do tipo grandes síndromes. . | 60 |
| Tabela2: Conceitos abordados em rotinas do tipo gestos e técnicas. | 61 |
| Tabela3: Identificação das classes..... | 61 |
| Tabela4: Identificação das propriedades e relacionamentos. | 62 |
| Tabela5: Exemplo de segmento semântico. | 74 |
| Tabela6: Características de trabalhos correlatos – parte 1. | 78 |
| Tabela7: Características de trabalhos correlatos – parte2. | 80 |
| Tabela8: Consumo de bateria e <i>cache hit</i> em 10 minutos | 99 |
| Tabela9: Estado inicial da ontologia. | 102 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|--------|--|
| CM | Computação Móvel |
| CS | <i>Cache</i> Semântico |
| DeCS | Descritores em Ciências da Saúde |
| EC | Engenharia do Conhecimento |
| JME | Java Micro Edition |
| LFU | Least Frequently Used |
| MBE | Medicina Baseada em Evidências |
| MeSH | Medical Subject Headings |
| NEU | Núcleos de Educação em Urgência |
| OWL | Web Ontology Language |
| PDA | Personal Digital Assistants |
| PPGEGC | Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento |
| RDF | Resource Description Framework |
| SADC | Sistema de Apoio à Decisão Clínica |
| SAMU | Serviço de Atendimento Móvel de Urgência |
| SC | Sistema de Conhecimento |
| SMI | Stanford Medical Informatics |
| SNOMED | Systemized Nomenclature of Medicine |
| UE | Urgência e Emergência |
| UM | Unidade Móvel |
| UML | Unified Modeling Language |
| UMLS | Unified Medical Language System |
| USA | Unidade de Suporte Avançado |
| W3C | World Wide Web Consortium |

SUMÁRIO

| | |
|---|------|
| RESUMO | vii |
| ABSTRACT | viii |
| LISTA DE FIGURAS | ix |
| LISTA DE TABELAS | xi |
| LISTA DE SIGLAS | xii |
| SUMÁRIO | xiii |
| | |
| CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1. O problema de pesquisa | 1 |
| 1.2. Objetivos | 3 |
| 1.2.1. Objetivo geral | 4 |
| 1.2.2. Objetivos específicos | 4 |
| 1.3. Justificativa e motivação | 4 |
| 1.4. Ineditismo e contribuição científica | 6 |
| 1.5. Contextualização do trabalho no programa | 6 |
| 1.6. Delimitação e alcance do estudo | 7 |
| | |
| CAPÍTULO 2 – DISPOSITIVOS MÓVEIS | 10 |
| 2.1. Introdução | 10 |
| 2.2. Formas de uso | 11 |
| 2.3. Cache Semântico (CS) | 13 |
| 2.3.1. Organização do CS | 14 |
| 2.3.2. Processamento de consultas no CS | 15 |
| 2.3.3. Combinação e decomposição | 18 |
| 2.3.4. Benefícios do CS em dispositivos móveis | 19 |
| 2.4. Considerações finais | 20 |
| | |
| CAPÍTULO 3 – INFORMAÇÃO E CONHECIMENTO EM SAÚDE | 21 |
| 3.1. Introdução | 21 |
| 3.2. Conhecimento em saúde | 22 |
| 3.3. Representação de conhecimento | 24 |
| 3.3.1. Ontologia médica | 28 |
| 3.3.2. Descritores em saúde | 29 |
| 3.3.3. Descritores em Urgência e Emergência (UE) | 32 |
| 3.3.4. Dificuldades no desenvolvimento de sistemas terminológicos ... | 33 |
| 3.4. Decisão clínica e sistema de conhecimento | 34 |
| 3.4.1. Sistema de conhecimento | 36 |
| 3.4.2. SADC em urgência e emergência | 37 |

| | |
|---|----|
| 3.5. Linguagem e ambiente para desenvolvimento de ontologia | 38 |
| 3.5.1. Linguagem para representação de ontologia | 38 |
| 3.5.2. Ferramenta para desenvolvimento de ontologia..... | 40 |
| 3.5.3. Manipulação de ontologia | 43 |
| 3.6. Considerações finais | 43 |

CAPÍTULO 4 – MODELO DE RECUPERAÇÃO E COMUNICAÇÃO DO CONHECIMENTO

| | |
|---|----|
| 4.1. Introdução | 45 |
| 4.2. Descrição do problema..... | 45 |
| 4.2.1 Pesquisa em bibliotecas digitais..... | 45 |
| 4.2.2. Indexação de bases de conhecimento no domínio de UE | 48 |
| 4.2.3. Incerteza e capacitação profissional..... | 49 |
| 4.2.4. Dispositivos portáteis em emergência..... | 51 |
| 4.3. Modelo proposto | 52 |
| 4.4. Possível cenário de aplicação..... | 56 |
| 4.5. Desenvolvimento da ontologia..... | 57 |
| 4.5.1.1. Definição do escopo da ontologia..... | 58 |
| 4.5.1.2. Enumeração dos termos, definição de classes, propriedades | 59 |
| 4.5.1.3. Instanciação e verificação da ontologia | 65 |
| 4.5.2. Indexação e recuperação de documentos | 67 |
| 4.5.3. Desenvolvimento do vocabulário em emergência | 68 |
| 4.5.4. Cache Semântico..... | 71 |
| 4.6. Trabalhos correlatos..... | 75 |
| 4.7. Considerações finais | 80 |

CAPÍTULO 5 – DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

| | |
|---|----|
| 5.1. Introdução | 82 |
| 5.2. Ambiente de desenvolvimento..... | 83 |
| 5.3. Arquitetura do protótipo..... | 84 |
| 5.3.1. Interface de consulta | 84 |
| 5.3.2. Gerenciador de consulta (Cliente)..... | 86 |
| 5.3.3. Índice de segmentos semânticos | 86 |
| 5.3.4. Gerenciador de segmentos semânticos..... | 87 |
| 5.3.5. Módulo de comunicação (Dispositivo Móvel)..... | 87 |
| 5.3.6. Módulo de comunicação (Servidor)..... | 87 |
| 5.3.7. Gerenciador de consulta (Servidor) | 88 |
| 5.3.8. Gerenciador de documentos..... | 88 |
| 5.3.9. Gerenciador de ontologia | 88 |
| 5.3.10. Repositório de documentos e ontologia OWL | 88 |
| 5.4. Funcionalidades no dispositivo móvel | 88 |

| | |
|--|-----|
| 5.5. Funcionalidades no servidor..... | 90 |
| 5.6. Considerações finais..... | 94 |
| CAPÍTULO 6 – TESTES E RESULTADOS EXPERIMENTAIS | 95 |
| 6.1. Introdução | 95 |
| 6.2. Descrição do ambiente experimental | 95 |
| 6.3. Primeiro experimento | 97 |
| 6.4. Segundo experimento | 99 |
| 6.5. Terceiro experimento | 101 |
| 6.6. Quarto experimento | 102 |
| 6.6.1. Primeiro estudo de caso..... | 102 |
| 6.6.2. Segundo estudo de caso..... | 106 |
| 6.6.3. Terceiro estudo de caso | 110 |
| 6.7. Considerações sobre os experimentos e estudos de casos..... | 111 |
| CAPÍTULO 7 – CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS..... | 113 |
| 7.1. Contribuições da pesquisa..... | 115 |
| 7.2. Trabalhos futuros..... | 116 |
| REFERÊNCIAS..... | 118 |
| APÊNDICE A – PUBLICAÇÕES | 130 |
| APÊNDICE B – DIAGRAMAS DO PROTÓTIPO..... | 132 |

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

1.1. O problema de pesquisa

Uma fonte de pesquisa para especialistas em saúde tirarem suas dúvidas são as bibliotecas virtuais, cada vez mais utilizadas como meio de comunicação de conhecimento (BIREME, 2009). Descritores em saúde são vocabulários controlados usados como base para uma pesquisa literária de artigos no sentido de responder uma questão específica. Vocabulários controlados são essenciais à indexação e recuperação adequada de documentos na prática da medicina baseada em evidências (NOBRE et al., 2003).

O Brasil, entre outros países, utiliza o DeCS - Descritor em Ciências da Saúde (DeCS, 2009) como um vocabulário padrão para indexar e recuperar documentos em saúde. Porém, o DeCS não possui uma categoria específica para termos usados em urgência e emergência médica. Como não existe vocabulário controlado específico para essa área, a indexação e pesquisa por documentos são dificultadas se utilizarmos apenas os descritores atualmente disponíveis no DeCS.

O ambiente de emergência médica introduz desafios para a recuperação de documentos em bases de conhecimento. A dificuldade cresce quando uma consulta à base de conhecimento é requerida no momento em que o profissional de saúde realiza um atendimento. Nesta ocasião, o vocabulário usado como palavra-chave na pesquisa é informal, composto por códigos, abreviações, acrônimos, particularidades linguísticas e regionais que normalmente não são encontradas no DeCS. Neste contexto, para melhorar a recuperação de documentos é necessário extrair de alguma forma os termos naturais da linguagem falada por especialistas e utilizá-los na indexação dos documentos.

Recuperar esses termos junto aos profissionais móveis também é um desafio para os engenheiros do conhecimento. Uma dificuldade ocorre já no início do processo de aquisição de conhecimento: se o engenheiro não conhecer o vocabulário no domínio, ao detectar que não está sendo compreendido, o profissional passa a utilizar termos genéricos, que não expressam sua maneira natural de pensar. Ademais, fora do contexto, a linguagem falada por especialistas pode sofrer alterações, por exemplo, em uma entrevista ele pode utilizar termos mais técnicos, diferentes da sua maneira natural de pensar durante o

atendimento de emergência, que ocorre sob stress e limitações de tempo e recursos.

O atendimento de emergências médicas constitui-se num desafio para seus profissionais, pois exige conhecimento de diversas especialidades e habilidades específicas para a abordagem dos pacientes. Conforme Ribeiro (2004), a incerteza encontra-se presente em todos os níveis da prática médica. Estima-se que um médico atuando na prática clínica é submetido, em média, a duas ou três dúvidas por dia. Nobre *et al.* (2003) destacam que as dúvidas sobre quais os procedimentos mais indicados existem em todas as fases da vida profissional do médico. Quando recém-formado, a insegurança está presente nesta fase da vida profissional, desaparecendo à medida que se acumula experiência. Porém, mais tarde o profissional percebe que parte destas dúvidas permanece, apesar da experiência acumulada.

Em muitos países, como a França, Inglaterra, Canadá e Estados Unidos, a área de conhecimento em Urgência e Emergência (UE) é consolidada com conhecimentos consensuais sobre os procedimentos padronizados, adotados em situações específicas de emergência. Esses conhecimentos se encontram publicados e são compartilhados entre os profissionais da área, muitas vezes disponibilizados em manuais de bolso, permitindo que todos os pacientes sejam atendidos e tratados da mesma maneira, seguindo os padrões de atendimento determinados pelas organizações de saúde (MANICA *et al.*, 2008b).

No Brasil, UE não é reconhecida na área da saúde como uma especialidade médica ou de enfermagem. As informações e protocolos nesta área são fragmentados, havendo pouco consenso, rotinas ou protocolos nacionais. Em virtude disto, muitas informações e conhecimentos disponíveis sobre condutas de atendimento se encontram publicadas em idiomas estrangeiros, o que dificulta a consolidação desta especialidade no país.

O fato de os profissionais não usarem a informação durante a prática dos atendimentos em campo dificulta a introdução de condutas padronizadas. A mera transferência de informação faz pouco sentido se não está associada às emoções e ao contexto específico em que às experiências são aplicadas. Portanto, é importante o estabelecimento de mecanismos que comuniquem o conhecimento entre os profissionais no momento em que eles estão atuando, de forma que estimule a criação de conhecimento consensual no sistema brasileiro.

No Brasil, a criação do Serviço de Atendimento Móvel de Urgências e Emergências (SAMU) e de Núcleos de Educação em Urgência (NEU) incentivam o surgimento de condutas padronizadas

para o atendimento em emergência (BRASIL, 2004). Os NEUs se constituem em uma estrutura formalizada para executar a capacitação, a habilitação e a educação continuada dos recursos humanos em urgências.

Com o objetivo de estimular a criação e disseminação de conhecimento entre os profissionais, o NEU do estado de Santa Catarina mantém um *website* (NEU-SC, 2009) com rotinas de regulação, rotinas de atendimento de urgências, manuais, consensos, entre outros documentos que podem ser consultados por profissionais que atuam na área de emergência. Entretanto, a forma como esses documentos são atualmente disponibilizados não permite que eles sejam consultados em tempo real a partir de dispositivos móveis e de forma adequada ao cenário do atendimento de emergência.

Neste ambiente, o uso de dispositivos móveis surge como uma alternativa para apoiar a tomada de decisão durante as atividades de profissionais em qualquer hora e lugar. Porém, seu uso impõe restrições, tais como a capacidade de processamento e fonte de energia finita. A conectividade sem fio é mais frágil e vulnerável se comparada à conexões cabeadas e possuem limitações de largura de banda e área de cobertura. A mobilidade dos dispositivos aumenta as chances de desconexões, ocasionando queda de desempenho das consultas. Adicionalmente, as características da comunicação sem fio aumentam o consumo de bateria dos dispositivos, quanto maior a comunicação com o servidor, maior o consumo de bateria dos dispositivos móveis e tráfego na rede.

Considerando-se a problemática apresentada, verificamos a necessidade do desenvolvimento de um modelo para recuperação e comunicação de conhecimento, que considere as dificuldades inerentes à mobilidade dos profissionais em emergência médica e dos dispositivos portáteis.

O termo conhecimento abordado nesta tese refere-se ao conhecimento consensual, explícito em um conjunto de documentos, que subsidiam a tomada de decisão durante os atendimentos realizados em campo. Adicionalmente, buscamos identificar conhecimento relativo ao vocabulário usado pelos especialistas durante os atendimentos.

1.2. Objetivos

Esta seção apresenta os objetivos geral e específicos propostos para esta pesquisa.

1.2.1. Objetivo geral

Esta pesquisa tem como objetivo principal desenvolver uma abordagem diferenciada para recuperação e comunicação de conhecimento na área de emergência médica com a utilização de dispositivos portáteis.

1.2.2. Objetivos específicos

- Propor um modelo que permite o acesso ao conhecimento explícito em documentos de maneira eficiente e adequada ao ambiente de emergência médica;
- Desenvolver um mecanismo que recupere termos da linguagem natural usada pelos especialistas e os utilize esse para melhorar a indexação e recuperação de documentos;
- Desenvolver uma ontologia de documentos no domínio de UE, com base no modelo do sistema de emergência brasileiro e na contribuição dos especialistas;
- Empregar o reuso do conhecimento sobre UE expresso no descritor em saúde DeCS;
- Possibilitar a recuperação de documentos em memória local dos dispositivos móveis;
- Empregar técnicas de computação móvel para melhorar o desempenho de consultas a documentos;
- Implementar um ambiente de teste, incluindo a modelagem e desenvolvimento de um protótipo capaz de avaliar o comportamento do modelo proposto em um dispositivo móvel.
- Publicar e divulgar resultados parciais e finais.

1.3. Justificativa e motivação

O uso de dispositivos móveis para apoiar as atividades desempenhadas por profissionais da saúde tem crescido nos últimos anos, principalmente entre estudantes, profissionais mais jovens e aqueles que trabalham em grandes hospitais (LU et al., 2005, GARRITY; EMAM, 2006).

Como consequência deste desenvolvimento, cresce o interesse de pesquisadores no tema, o qual pode ser observado na grande quantidade de publicações científicas que registram experiências quanto

ao uso de dispositivos móveis em saúde (SALOMÃO, 2007). Apesar do grande número de estudos no tema, verificamos que estes são reduzidos para aplicações em emergência médica. Existem poucas pesquisas que apresentam propostas de aplicações neste domínio, principalmente aquelas que considerem as características do modelo do sistema de emergência brasileiro.

O Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU) é um serviço do Sistema Único de Saúde (SUS) que presta socorro à população em casos de emergência de natureza traumática, clínica, pediátrica e neonatal, cirúrgicas, gestacionais e de saúde mental. Os profissionais de saúde, como médicos, enfermeiros, auxiliares de enfermagem e socorristas atendem as urgências em qualquer hora e lugar: residências, locais de trabalho e vias públicas (SAMU, 2009).

O conhecimento consensual explícito em documentos e disponibilizados no NEU, é útil para apoiar a tomada de decisão durante os atendimentos realizados em campo. Nestas ocasiões, diante da dúvida em qual conduta adotar, surge a necessidade de consultas a esses documentos, que devem seguir as normas e padrões de atendimento previamente definidos pela organização de saúde.

O processo de assistência médica emergencial é intensivo em conhecimento. A possibilidade de acesso imediato à informação médica tem potencial de melhorar a assistência ao paciente, auxilia a tomada de decisão clínica, reduz o número de erros médicos e, também, contribui com a aprendizagem de estudantes e profissionais (LINDQUIST et al., 2008).

Em emergências, o tempo de resposta da consulta realizada em dispositivos móveis deve ser reduzido. A falta de bateria de um equipamento ou acesso à rede de comunicação pode dificultar o acesso ao conhecimento. É fundamental o desenvolvimento de novas técnicas, ou adaptações nas existentes, para melhorar a recuperação de conhecimento em dispositivos móveis. A técnica de *cache* semântico (DAR et al., 2004) tem sido pesquisada para possibilitar a reutilização da informação em *cache* e melhorar o desempenho das consultas e utilização de recursos do sistema.

Caching é uma área de armazenamento temporária de dados que possuem uma grande probabilidade de serem utilizados novamente. Diferente dos modelos tradicionais (páginas ou objetos), o modelo de *cache* semântico armazena os resultados de consultas associados às descrições semânticas que permitem um gerenciamento mais flexível.

A identificação e frequência dos termos usados nas consultas a documentos indicam aos gestores em saúde as reais dificuldades dos

profissionais durante a prática diária dos atendimentos, sem expô-los. Esse conhecimento auxilia tanto no planejamento de treinamentos mais pontuais como no desenvolvimento de novas rotinas médicas.

O desenvolvimento desta pesquisa de tese gera conhecimento que contribui no desenvolvimento do serviço de atendimento de urgência brasileiro, refletindo assim, nas expectativas e anseios da sociedade. Adicionalmente, o conhecimento identificado é utilizado para promover melhorias na recuperação de documentos em dispositivos portáteis com o uso da técnica de *cache* semântico.

1.4. Ineditismo e contribuição científica

Durante o período de estudo de trabalhos correlatos, apresentado no capítulo 4, não encontramos pesquisas com os mesmos objetivos desta tese ou que abordaram a combinação das técnicas de ontologia, *cache* semântico e dispositivos móveis para recuperação e comunicação de conhecimento em saúde, o que caracteriza a originalidade da pesquisa.

A contribuição científica inédita principal deste trabalho, também apresentada no capítulo 4, consiste na obtenção de um modelo para recuperação de conhecimento em atendimento de emergências de forma inovadora com a utilização de dispositivos móveis.

O modelo propicia o desenvolvimento de uma terminologia atualizada no domínio, expressa através da técnica de ontologia, que auxilia na interoperabilidade entre sistemas computacionais. Outro ponto positivo do modelo é a utilização da ontologia em OWL - *Web Ontology Language* (OWL, 2009), uma linguagem padrão para o compartilhamento de ontologias na *Web*, que permite o reuso do conhecimento explícito na ontologia em outras aplicações no domínio. Deste modo, a terminologia expressa na ontologia pode ser reutilizada em outras aplicações na área de emergência médica que necessitem de vocabulário informal.

Outra contribuição se refere ao uso de um *cache* semântico associado às informações obtidas na ontologia para melhorar o desempenho das consultas, reduzindo o tempo de resposta e o consumo de bateria do dispositivo móvel.

1.5. Contextualização do trabalho no programa

A Gestão do Conhecimento é caracterizada por um conjunto de processos que governam a criação, o uso e a disseminação de

conhecimento numa organização de forma a atingir seus objetivos. A fim de auxiliar as organizações a gerenciarem suas informações, são propostos os Sistemas de Conhecimento (SC), definidos em (ALAVI; LEIDNER, 2001) como sistemas baseados em Tecnologia de Informação (TI) desenvolvidos para apoiar os processos de criação, armazenamento, recuperação, comunicação e aplicação de conhecimento.

Através de suas técnicas, a Engenharia do Conhecimento (EC) desenvolve SC para apoiar a gestão de conhecimento na organização. Desta forma, a EC busca acessar o conhecimento humano em um contexto organizacional para que esse conhecimento possa ser bem empregado. Para isso, adota uma abordagem não-centrada em tecnologia, mas que a utiliza como apoio às atividades dos trabalhadores de conhecimento (JENNEX; OLFMAN, 2006).

O Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento (PPGEGC) tem como objetivo a pesquisa de novos modelos, métodos e técnicas de engenharia, de gestão e de disseminação do conhecimento para as organizações e para a sociedade (EGC, 2009). As três áreas de concentração do programa: Engenharia, Gestão e Mídia devem trabalhar promovendo a interação entre si. A área de Engenharia está centrada na explicitação de conhecimento, provendo metodologias e ferramentas para a gestão e para a disseminação de conhecimento.

A presente pesquisa, inserida na área de EC, apresenta um modelo para a aquisição e comunicação de conhecimento para a tomada de decisão clínica em atendimento de emergência médica com a utilização de dispositivos portáteis.

O caráter interdisciplinar da pesquisa é observado na interação de técnicas da área da engenharia de conhecimento e da computação móvel para o desenvolvimento da saúde, sendo que esta cooperação levou a um enriquecimento dessas disciplinas.

A técnica de *cache* semântico contribui com conhecimentos relevantes para a ontologia, enquanto esta fornece àquela informações para melhorar o desempenho nas consultas. Aplicadas em conjunto, trazem benefícios para comunicação de conhecimento em emergência médica.

1.6. Delimitação e alcance do estudo

Esta pesquisa apresenta o desenvolvimento de um modelo para recuperação e comunicação de conhecimento para apoiar as atividades dos profissionais em urgências e emergências médicas. O estudo

limitou-se ao modelo de atendimento de emergência móvel brasileiro (SAMU), baseando-se na proposta do Núcleo de Educação em Urgência do estado de Santa Catarina.

A ontologia proposta, classificada como *lightweight*, aborda conceitos relacionados à organização, indexação e recuperação de documentos para apoiar as atividades dos profissionais do SAMU. Não faz parte do escopo da pesquisa o desenvolvimento de uma ontologia completa (*heavyweight*) no domínio de urgência médica.

O protótipo e testes não foram realizados em um ambiente real de atendimento de emergências. A ontologia proposta limitou-se aos conceitos relacionados à recuperação de documentos. Não fazem parte do escopo da pesquisa o projeto de interface gráfica para recuperação de documentos no dispositivo móvel, o tratamento de coerência do cache com as informações no servidor, entre outros requisitos necessários para uma implementação do sistema em um ambiente real.

1.7 Estratégia da pesquisa e organização dos capítulos

A pesquisa é definida por Gil (1999) como “um processo que tem por finalidade descobrir as respostas para problemas mediante a utilização de procedimentos científicos”. Quanto à sua natureza, a pesquisa é considerada aplicada, quando a meta é contribuir para fins práticos, buscar soluções para problemas concretos e transformar em ação os resultados do trabalho.

A pesquisa aplicada está diretamente relacionada às melhorias das técnicas de recuperação e comunicação de conhecimento. A aplicação da pesquisa está inserida no contexto de emergência médica com a utilização de dispositivos portáteis, permitindo melhorias no atendimento e identificando conhecimento sobre o vocabulário informal usado na área.

Tendo em vista os objetivos, a pesquisa é identificada como exploratória, pelas características em relação ao grau de novidade e da recente exploração do tema de forma científica que permite ao investigador aumentar sua experiência em torno do problema (TRIVIÑOS, 1987). Os procedimentos metodológicos e a organização dos capítulos é dada como segue.

Primeiramente, foi realizado um detalhado levantamento bibliográfico para avaliar as abordagens existentes na literatura. Exposto no capítulo 2, o trabalho inicial consistiu num estudo do uso de dispositivos móveis para comunicação de conhecimento em saúde e a técnica de *cache* semântico.

Também foram estudados conceitos sobre informação e conhecimento na área da saúde, buscando conhecer as principais tendências e técnicas para representação de conhecimento. Nesse ínterim, o uso de descritores e a técnica de ontologia apresentou-se relevante para o desenvolvimento de sistemas de conhecimento. Com tal estudo, apresentado no capítulo 3, foi possível visualizar os conceitos teóricos que serviram como base para a proposta do modelo.

Posteriormente, realizamos uma revisão da literatura sobre os problemas e soluções propostas a fim de conectar o trabalho proposto com as teorias que lhe dão suporte. Após o estudo das abordagens existentes, iniciou-se o trabalho de modelagem da proposta, ambos descritos no capítulo 4.

Uma vez modelado, seguimos para o desenvolvimento do protótipo, conforme exposto no capítulo 5. Os testes experimentais e estudos de casos realizados, bem como os resultados obtidos são apresentados no capítulo 6 e, finalmente, no capítulo 7, apresentamos as conclusões e trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2 - DISPOSITIVOS MÓVEIS

2.1. Introdução

Computadores de mão, também conhecidos como PDAs (*Personal Digital Assistants*) são dispositivos portáteis com processador, tela, memória e poder de conectividade. Quando integrados com telefonia móvel, executam as funções de um celular e são chamados de *smartphones*. A redução do custo desses equipamentos, bem como a evolução das redes de comunicação, faz com que a cada dia surjam novas aplicações em diversas áreas do conhecimento, onde está inserida a área da saúde (BAUMGART, 2005; LU, 2005).

Como (FISCHER et al., 2003) comenta, os PDAs têm sido utilizados para simplificar e facilitar as atividades de médicos, residentes e também estudantes de medicina. O uso de dispositivos móveis por profissionais da saúde tem crescido substancialmente ao longo dos últimos anos (LU et al., 2005). Conforme ilustra a Figura 1, desde 1999 ficou evidente uma tendência de crescimento global do uso de dispositivos portáteis pelos profissionais em saúde. Este uso é acentuado principalmente entre os profissionais mais jovens e aqueles que trabalham em grandes hospitais de países desenvolvidos (GARRITTY; EMAM, 2006).

Como consequência deste desenvolvimento, cresce o número de pesquisas e publicações científicas que registram experiências positivas no uso desses equipamentos, quando comparados ao registro tradicional de informações no papel ou no acesso a bases de conhecimentos (SALOMÃO, 2007).

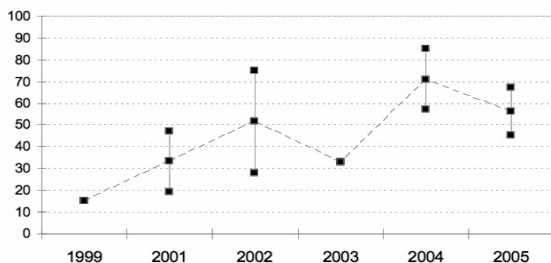


Figura 1: Utilização de PDA por profissionais de saúde.

Fonte: (GARRITTY; EMAM, 2006).

Um exemplo que ratifica essa direção é uma pesquisa na biblioteca virtual em saúde Medline (MEDLINE, 2009). Utilizando-se o descritor “handheld” e ano “2008”, retornam 141 publicações científicas, com diferentes objetivos e resultados de pesquisas sobre o tema.

O estudo sobre o uso de PDAs na área de saúde apresentado em (LINDQUIST et al., 2008), revela que, apesar de algumas pessoas terem dificuldades no início do uso do dispositivo, seu uso é considerado entre os profissionais como uma ferramenta viável e conveniente. Esta abordagem auxilia a tomada de decisão clínica, reduz o número de erros médicos e, também, contribui com a aprendizagem de estudantes e profissionais (LINDQUIST et al., 2008).

A necessidade de informações disponibilizada para profissionais da saúde durante o atendimento aos pacientes pode ocorrer em diferentes momentos e tipos de ambientes. Em especial, dispositivos portáteis são essenciais para atendimentos realizados fora dos hospitais, onde o acesso a informações é dificultado, principalmente, pela ausência da infra-estrutura necessária. Um exemplo é o serviço de atendimento de urgências e emergências móvel, que ocorre em locais variados como domicílio dos pacientes, locais públicos, áreas rurais, dentre outros.

2.2. Formas de uso

A portabilidade é muito útil para a medicina, pois possibilita que a informação médica esteja disponível onde for necessária. Conforme Lindquist et al. (2008) destacam, a possibilidade de acesso imediato à informação médica tem o potencial de melhorar a assistência ao paciente.

Na área de saúde, os PDAs podem ser utilizados para suporte à decisão clínica, suporte administrativo, documentação, atividades profissionais, educação e pesquisa (NETO, 2005). Pesquisas apresentadas em (GRASSO et al., 2006; KHO et al., 2006) apontam que os PDAs são principalmente utilizados como ferramentas de consulta a tutoriais, livros digitalizados, banco de dados de medicamentos, calculadora médica e agenda eletrônica para marcação de consultas. Estudantes de medicina usam seus PDAs especialmente para obter informações sobre dosagem, contra-indicações e efeitos colaterais de medicamentos.

Salomão (2007) apresenta um levantamento sobre a utilização de computadores de mão na área da saúde, por meio da análise de

artigos publicados num período de dez anos. A pesquisa identificou cinco grandes temas:

- Aplicativos: referem-se às experiências no desenvolvimento e no uso específicos para PDAs, tais como contas médicas, calculadoras médicas, acuidade visual, transmissão de sinais e imagens médicas, entre outros;
- Prontuário eletrônico: apesar de ser um tipo de aplicativo, os trabalhos desta área foram agrupados separadamente pelo tema ser correlato à pesquisa de (SALOMÃO, 2007);
- Bases de dados: nesta área, incluem-se os trabalhos que tratam o uso de PDAs para acesso a bases de conhecimento médico disponíveis para computadores de mão como livros digitais, guidelines, exercícios para treinamento e aprendizagem, bases de medicamentos, entre outras;
- Coleta de dados: pesquisas que usam PDAs para coletar dados (em regiões rurais, domiciliar, dentre outros) que seriam utilizados por outros sistemas;
- Revisão da literatura: trabalhos que fazem revisão bibliográfica (*survey*), ou que apresentam prognósticos sobre o uso de PDAs em saúde para os próximos anos;
- Usabilidade: trabalhos que realizam comparações ou discutem o potencial, riscos, satisfação, implicações éticas e legais sobre o uso da nova tecnologia.

Conforme ilustra o gráfico da Figura 2, os temas de pesquisa em aplicativos (201 publicações) e avaliação do uso de PDAs (145 publicações) foram os que mais tiveram publicações. O uso de PDAs para o acesso à bases de conhecimento, também, se mostrou relevante (77 publicações).

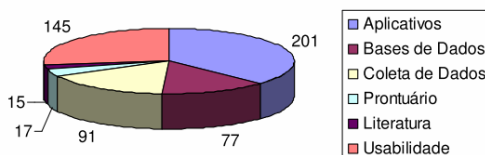


Figura 2: Tipos de pesquisas sobre PDA em saúde entre 1997 e 2006.

Fonte: (SALOMÃO, 2007).

Um dado observado em (SALOMÃO, 2007) é a pequena quantidade de trabalhos, no período pesquisado, sobre o uso de

dispositivos portáteis para arquivar e atualizar o Prontuário Eletrônico do Paciente - PEP (17 publicações). Constatou-se que, apesar do interesse crescente no uso desta tecnologia, existiam poucas publicações científicas sobre o uso de PEP em PDAs.

A digitalização de registros clínicos é um desafio da informática e da administração em saúde pública. Recursos escassos e falta de uma infra-estrutura de comunicações são barreiras que dificultam o acesso a novas tecnologias por países em desenvolvimento como o Brasil. No final de 2008, foi apresentado no senado o Projeto de Lei no. 474/2008, que recomenda a adoção do prontuário eletrônico do paciente como padrão para os registros de saúde, bem como estabelece diretrizes para sua implementação. A conversão deste projeto em lei será o primeiro passo na direção de facilitar o acesso às informações de pacientes em qualquer hora e local de atendimento.

A decisão clínica pode ser apoiada com o acesso a bases de conhecimentos como banco de dados de medicamentos, livros textos e calculadoras médicas. O desenvolvimento de sistemas de suporte a decisão clínica para dispositivos portáteis é uma área emergente e com muitos desafios. O trabalho apresentado em (MUSEN et al., 2001) define um Sistema de Apoio à Decisão Clínica (SADC), como um sistema baseado em computador que auxilia profissionais de saúde a tomarem decisões clínicas. Portanto, um SADC têm como objetivo principal auxiliar profissionais a melhorarem a eficiência de diagnósticos, especialmente em situações em que é grande a quantidade de informações que devem ser consideradas para a tomada de decisão clínica.

Apesar das vantagens proporcionadas pelo SADC, existem poucas pesquisas que demonstrem aplicações reais e bem sucedidas com dispositivos móveis (MICHALOWSKI et al., 2005). Segundo Michalowski *et al.* (2005), essa dificuldade ocorre devido ao fato de que os médicos devem tomar decisões no local do atendimento, sob pressão, tempo limitado e em constante movimento. Limitações dos dispositivos (interface, bateria, capacidade de processamento, dentre outros) também são fatores que dificultam aplicações na área.

2.3. Cache Semântico (CS)

Uma vantagem do uso de dispositivos móveis é sua portabilidade, isto é, pode ser levado junto ao usuário a qualquer lugar. Entretanto, esses dispositivos possuem algumas limitações em

comparação aos computadores desktops, tais como limitação de bateria e uma maior possibilidade de desconexão com a rede de comunicação.

A técnica de *caching* pode ser adotada para amenizar os efeitos das limitações dos dispositivos móveis. O *cache* é uma área de armazenamento temporária de dados que possuem uma grande probabilidade de serem utilizados novamente. Em um ambiente cliente-servidor, normalmente a técnica de *caching* é usada com o objetivo de poupar recursos do sistema e disponibilizar informação quando não houver comunicação com o servidor. Diferente dos modelos tradicionais (páginas ou objetos), o modelo de *cache* semântico (CS) armazena os resultados de consultas associados às descrições semânticas que permitem um gerenciamento mais flexível.

A descrição semântica pode ser caracterizada como uma descrição estruturada do enunciado da consulta previamente submetida (REN et al., 2003), tal como, a área geográfica onde aquele dado é válido (ZHENG et al., 2004); uma visão global dos dados do servidor (KEN et al., 2006) ou mesmo um vocabulário (ou ontologia) que descreve o dado em *cache* (KARNSTEDT et al., 2003). A descrição semântica pode ser, também, usada para descrever um conhecimento obtido por meio de consultas realizadas em sistemas de conhecimento (HONG et al., 2002).

O gerenciador de *cache* utiliza a informação semântica para determinar qual dado está disponível em *cache* e qual será solicitado ao servidor. Quando o espaço destinado para o *cache* estiver cheio, uma estratégia de substituição deve definir quais dados devem ser excluídos do *cache*. A descrição semântica permite o uso de políticas de substituição diferenciadas (além das tradicionais FIFO, LRU e LFU), como, por exemplo, substituir dados relacionados a um determinado domínio, região geográfica, entre outros. Políticas baseadas na afinidade semântica procuram identificar um relacionamento semântico entre os dados. Desta forma, se um item for referenciado, outros itens que estiverem relacionados ao mesmo, também o serão.

2.3.1. Organização do CS

Basicamente, o modelo de *cache* semântico é composto por conjuntos disjuntos de segmentos semânticos e um índice. Normalmente, as regiões semânticas agrupam tuplas semanticamente relacionadas, sendo que cada tupla é associada a uma única região semântica. Essas regiões são definidas dinamicamente conforme as

consultas são executadas pelo cliente. Isto é, as regiões semânticas podem ter seu tamanho alterado dinamicamente.

Cada segmento semântico possui uma fórmula que descreve seu conteúdo e um valor de substituição (*replacement value*), esse utilizado para decisões de substituição. Portanto, todas as tuplas de uma mesma região possuem o mesmo valor de substituição. Em um modelo básico, um segmento semântico é representado pelo conjunto (S_R , S_A , S_P , S_C e S_{TS}), sendo que: S_R e S_A definem a relação e os atributos envolvidos; S_P indica a condição de seleção; S_C representa o resultado da consulta (endereço da primeira página ou tupla) e S_{TS} é uma marca de tempo usada na política de substituição. Para exemplificar este modelo de CS apresentado em (REN; DUNHAM, 1999), considere que as seguintes consultas foram executadas em um banco de dados:

Q1: Select Ename From Employee Where $30 < \text{Age} < 40$;

Q2: Select Pname, Budget From Project Where Budget > 10 ;

Q3: Select Ename, Salary From Employee Where Age ≤ 28 ; e

Q4: Select Ename, Age From Employee Where Age > 45 ;

Como ilustrado na Figura 3, após receber as respostas do servidor, são criados em *cache* os seguimentos S1, S2, S3 e S4.

| S | SR | SA | SP | SC | STS |
|----|----------|-----------------|------------------------|----|-----|
| S1 | Employee | {Ename} | $30 < \text{Age} < 40$ | 2 | T1 |
| S2 | Project | {Pname, Budget} | Budget > 10 | 4 | T2 |
| S3 | Employee | {Ename, Salary} | Age ≤ 28 | 3 | T3 |
| S4 | Employee | {Ename, Age} | Age > 45 | 8 | T4 |

Figura 3: Exemplo de índice em CS.

Fonte: (REN; DUNHAM, 1999).

2.3.2. Processamento de consultas no CS

A Figura 4 ilustra o processamento de consultas com utilização da técnica de *cache* semântico. Quando uma consulta é executada pela aplicação, primeiro é checado se a mesma pode ser respondida localmente por meio do *cache*. No caso da consulta poder ser completamente respondida em *cache*, esta é processada localmente sem necessidade de comunicação com o servidor. Se a consulta puder ser parcialmente respondida pelo conteúdo em *cache*, essa é decomposta em duas partes disjuntas denominadas *probe query* e *reminder query*. A primeira representa a parte da consulta que é executada no cliente, enquanto a segunda a parte que deverá ser encaminhada ao servidor.

alternativa, ilustrada na (Figura 5 - 4), é a mais complexa. Nesta situação, é necessária uma fragmentação híbrida. Para definir a *reminder query*, primeiro é feita uma fragmentação horizontal (q2) e, então, uma fragmentação vertical (q1). A *probe query* é representada por (q3). Finalmente, a alternativa da Figura 5-5 ocorre quando nenhum resultado de Q é satisfeito em S. Assim, o valor da *probe query* é nulo (NULL) e a *reminder query* é igual a consulta original.

Se forem considerados todos os possíveis operandos de um predicado e o uso do operador *join* o problema se torna NP-Completo (REN; DUNHAM, 1999). Para simplificar esse processo, alguns trabalhos na área (DAR et al., 1996) consideram somente operações de seleção. No modelo simplificado, não são tratadas a fragmentação vertical e a fragmentação híbrida.

A vantagem de considerar o operador de projeção é a economia de espaço em *cache* e, também, a redução de dados transferidos na rede. Isso ocorre porque são armazenados e transferidos na rede somente os atributos solicitados. Por outro lado, o gerenciamento dos segmentos em *cache* torna-se mais complexo.

No modelo que considera projeções, muitas vezes o resultado completo de uma consulta Q está no segmento S, mesmo assim não é possível defini-lo. Considere o exemplo do *cache* semântico apresentado na Figura 3. Considere, também, que uma nova consulta Q é executada: “*Select Ename From Employee Where (Age>50) and (Salary> 50)*”.

O conteúdo do segmento S4 possui a resposta para esta consulta, porém não pode ser computado porque o atributo salary não está no conjunto de atributos de S4. Esta questão é resolvida sob a proposta de (REN; DUNHAM, 2000), verificando-se não apenas o relacionamento entre os predicados de consultas e segmentos, mas, também, o relacionamento entre o conjunto de seus atributos. Em (REN; DUNHAM, 2000) todo segmento contém o atributo chave (*key-contained*), sendo os segmentos semânticos disjuntos exceto pelos atributos chaves.

Um segmento individual pode conter apenas uma pequena parte do resultado da consulta. Múltiplos segmentos podem juntos gerar uma parte maior, ou o resultado completo. Após a consulta ser dividida pelo primeiro segmento, o restante da consulta será novamente dividido pelo próximo segmento candidato. Este processo continua até que não haja mais segmentos candidatos. No final, se a consulta restante não for vazia, a mesma é enviada ao servidor de banco de dados para ser processada.

2.3.3. Combinação e decomposição

Como ilustrado na Figura 6, quando uma consulta pode ser parcialmente respondida por um segmento semântico S , formam-se três partes disjuntas: parte de Q satisfeita em S ($Q \cap S$), parte de S que não satisfaz Q ($S \wedge \neg Q$) e a parte de Q não satisfeita por S ($\neg S \wedge Q$).

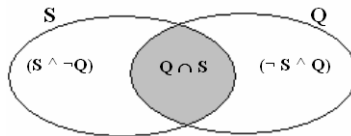


Figura 6: Relação entre um segmento S e uma consulta Q .

Fonte: (REN; DUNHAM, 2003).

O CS não deve armazenar dados redundantes, portanto, não é possível manter o segmento original S e admitir os resultados de Q como um novo segmento. A forma de resolver esse problema é por meio das abordagens de decomposição e combinação. Considerando as três partes disjuntas, têm-se as seguintes alternativas:

- não combinar (*no coalescence*): após a utilização do segmento S , criar três segmentos com as partes disjuntas. Este método gera um grande número de pequenos segmentos semânticos pequenos, o que aumenta a granularidade do *cache* e, também, um aumento de trabalho no gerenciamento;
- combinar Completamente (*complete coalescence*): neste modelo as três partes são fundidas em um único segmento, isto é, os resultados de Q são adicionados em S . Ao contrário do anterior, este modelo pode gerar segmentos muito grandes, o que não é interessante para a substituição de *cache*;
- combinar parcialmente no segmento (*partial coalescence in segment*): este método mantém o segmento original inalterado e cria um novo segmento com a parte de Q que não está em S . Este modelo evita as desvantagens dos dois primeiros modelos, porém, considera a parte não utilizada do segmento como se estivesse sido utilizada. Por exemplo, ao usar parte do conteúdo de um segmento S , informações sobre frequência de uso ou marca de

- tempo do segmento inteiro será atualizado, mesmo que parte de seu conteúdo não fora utilizado;
- combinar parcialmente na consulta (*partial coalescence in query*): este método cria um novo segmento com o resultado completo de Q e mantém S com o que restou. Neste caso, S é encolhido, pois é retirada a parte que satisfaz Q. Este modelo de combinação parcial evita as desvantagens dos modelos anteriores.

Se o operador de projeção é suportado, após uma fragmentação híbrida (item 4 na Figura 5) utilizando o modelo *partial coalescence in query*, o segmento semântico fica difícil de ser descrito. Para resolver este problema, uma solução proposta em (REN et al., 2003) é decompor S em duas partes (Figura 7), denominadas como *horizontal sub-segment* (Sh) e *vertical sub-segment* (Sv).

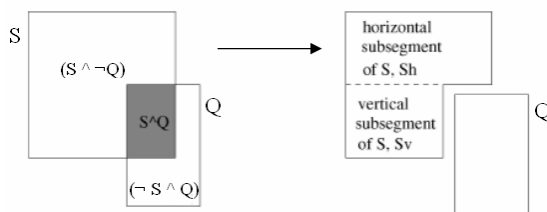


Figura 7: Partes disjuntas após fragmentação híbrida.

Fonte: (REN; DUNHAM, 2003).

2.3.4. Benefícios do CS em dispositivos móveis

Muitas pesquisas comprovam os benefícios do modelo de *cache* semântico para o processamento de consultas em um ambiente de computação móvel [(REN; DUNHAM, 2000); (REN et al., 2003); (HAO et al., 2005), (KEN et al., 2006); (MANICA et al., 2005); (MANICA et al., 2007a), (MANICA et al., 2007b)]. Algumas vantagens sobre o uso do modelo de *cache* semântico são:

- disponibilidade de dados: em momentos de desconexões, resultados parciais ou totais podem ser obtidos mesmo com o servidor indisponível. Por outro lado, quando o cliente móvel está conectado, o *cache* semântico contribui com a redução do consumo de recursos computacionais (exemplos são a rede e baterias) com a solicitação parcial dos dados ao servidor;

- tempo de resposta: o CS permite a implementação de técnicas que reduzem o tempo de resposta das consultas, como a execução em paralelo. A parte da consulta respondida no *cache* pode ser executada simultaneamente com a parte que é respondida pelo servidor;
- natureza dinâmica: conteúdo do *cache* é definido em tempo de execução, portanto é dinâmico. Quando o *cache* estiver cheio, a unidade de substituição são as regiões semânticas. Assim, o modelo permite que seu conteúdo seja substituído por meio de uma política de substituição que faz uso da afinidade semântica.

2.4. Considerações finais

Neste capítulo, apresentamos o uso de dispositivos portáteis na área da saúde e a técnica de *cache* semântico. Observamos que dispositivos portáteis contribuem com melhorias no acesso ao conhecimento em qualquer hora e lugar, enquanto que a técnica de *cache* semântico melhora o desempenho das consultas.

Com a utilização de dispositivos portáteis no serviço de emergências, a comunicação do conhecimento é facilitada. Adicionalmente, seu uso no momento do atendimento pode contribuir com identificação de conhecimento relevante para o domínio. O uso da técnica de *cache* semântico se mostra uma solução favorável a aplicações em diversos domínios (MANICA; CAMARGO, 2004a; 2004b), incluindo a área de emergência médica, onde profissionais trabalham em constante movimento e com tempo e recursos limitados.

O capítulo seguinte aborda algumas formas de conhecimento bem como sua representação na área da saúde.

CAPÍTULO 3 - INFORMAÇÃO E CONHECIMENTO EM SAÚDE

3.1. Introdução

A prestação de cuidados na área de saúde é um processo intensivo em conhecimento relativo aos pacientes, diagnósticos, tratamentos, prognósticos, entre outros fatores que podem ser úteis na tomada de decisão durante o atendimento médico, ou na gestão de recursos em saúde.

Conforme Schreiber *et al.* (2000), dados são sinais sem interpretação, informação é um dado com significado e conhecimento é resultado da interpretação de um conjunto de informações e utilizado para a execução de ações, a fim de executar tarefas e criar novas informações. Conhecimento é a informação dentro de um contexto que confere às pessoas e organizações a capacidade de agir (LANDRY *et al.*, 2006). Os limites entre dado, informação e conhecimento não são rígidos, pois dependem do contexto em que são utilizados.

O conhecimento pode ser classificado em duas principais categorias: tácito e explícito. O conhecimento explícito é aquele que de alguma forma pode ser expresso (livros, afirmações gramaticais, expressões matemáticas, manuais entre outros). Por outro lado, o conhecimento tácito é inexprimível, pessoal, difícil de formalizar, o que dificulta sua transmissão e compartilhamento (NONAKA; TAKEUSHI, 1997). No domínio da saúde, o conhecimento tácito se encontra enraizado nas experiências, emoções, *insights* e ações de seus profissionais.

Do pressuposto de que o conhecimento é criado por meio da interação entre esses dois tipos de conhecimento, foram postulados quatro modos de conversão do conhecimento, ilustrados na Figura 8 (NONAKA; TAKEUSHI, 1997): socialização, externalização, combinação e internalização.

A socialização é um processo de compartilhamento de experiências entre os indivíduos de um grupo e que, frequentemente, se desenvolve sem usar linguagem, por meio da observação, imitação e da prática. A socialização ocorre, por exemplo, na realização de estágios ou treinamentos práticos. A externalização é um processo de articulação do conhecimento tácito em conceitos explícitos. Em saúde, o conhecimento tácito se torna explícito, por exemplo, quando as experiências dos profissionais são expressas em modelos, rotinas, manuais, entre outros documentos.



Figura 8: Conversão do conhecimento.
Fonte: Adaptado de (NONAKA; TAKEUSHI, 1997).

A combinação é o processo de sistematização dos conceitos no domínio em um sistema de conhecimento. Envolve a combinação de conjuntos de conhecimento explícito apoiado pela utilização de recursos tecnológicos. Finalmente, a internalização é o processo de incorporação do conhecimento explícito em conhecimento tácito, isto é, o "aprender fazendo". Representações explícitas do conhecimento sob a forma de documentos (manuais, rotinas, entre outros) permitem a internalização de experiências, aumenta o conhecimento tácito e, também, facilita a transferência do conhecimento explícito entre as pessoas (NONAKA; TAKEUSHI, 1997).

3.2. Conhecimento em saúde

O conhecimento está inserido na maioria das tarefas executadas por profissionais em saúde e raramente surge de forma isolada da atividade. As atividades podem ser consideradas o maior nível de detalhe de um processo e podem ser divididas em tarefas, que representam passo a passo a execução da atividade. Dentro de um conjunto de atividades, existem aquelas que podem ser classificadas como intensivas em conhecimento, normalmente relacionadas à resolução de problemas por agentes humanos (MANICA et al. 2009d).

O conhecimento pode ser gerado durante a prática das atividades, como a descoberta de novos procedimentos ou na adaptação de diretrizes às condições locais. Pode ser adquirido a partir de fontes diversas como jornais, revistas, departamentos governamentais, reuniões, ou mesmo em conversas informais entre pessoas. Uma vez adquirido, ou gerado, o conhecimento pode ser transmitido de variadas formas, tais como, em conversas informais, treinamentos, trabalho em conjunto, vídeos, entre outros. Ao ser aplicado, ainda pode ser alvo de avaliação e aperfeiçoamento, levando a organização à inovação. Estas etapas – aquisição, geração, divulgação, aplicação e aperfeiçoamento –

são conhecidas como cadeia de valor do conhecimento (LANDRY et al. 2006).

Para Landry *et al.* (2006), a capacidade de adquirir, criar, compartilhar e aplicar conhecimento é fundamental para a solução de problemas em saúde pública. No contexto da saúde pública, este autor destaca que o conhecimento é o resultado de uma série de três sucessivas transformações:

- 1) da realidade para dados: esta transformação permite que indivíduos e organizações desenvolvam instrumentos para representar, recolher, registrar e armazenar dados sobre a realidade;
- 2) de dados para informação: também chamado de "*know-what*", esta transformação permite que indivíduos e organizações processem e organizem os dados, a fim de criar uma mensagem, isto é, produzir significado aos dados;
- 3) de informações para o conhecimento: também chamado de "*know-how*", esta transformação permite que indivíduos e organizações interpretem as informações, a fim de obter uma ação.

Os mesmos autores destacam que o conhecimento possui características que podem aumentar ou reduzir seu valor. Exemplos de características que aumentam o valor do conhecimento na organização em saúde pública são: quando a implantação do conhecimento obtido é possível de forma global, isto é, em vários contextos e lugares do mundo; quando o conhecimento é usado por vários especialistas; quanto mais o conhecimento é usado, melhor ele será utilizado e melhores serão os resultados obtidos; e quando a utilização do conhecimento melhora a aprendizagem e cria oportunidades de ações e intervenções futuras.

Inversamente, características que normalmente reduzem o valor do conhecimento em saúde são: quando ativos de conhecimento são mais difíceis de gerir do que os ativos tangíveis (como por exemplo, equipamentos médicos); quando investimentos em ativos de conhecimentos que visem desenvolver ou melhorar programas de saúde pública são arriscados, devido ao seu papel nas fases iniciais do processo de inovação; quando ativos de conhecimentos são difíceis de medir; e quanto é difícil valorizar os ativos de conhecimento. As duas últimas características se referem ao fato de que, geralmente, não é fácil comprovar as vantagens obtidas com investimentos em conhecimento nos programas de saúde pública.

As seguintes competências são fundamentais para o sucesso de organizações em saúde pública (LANDRY et al. 2006):

- aquisição e mapeamento do conhecimento: a aquisição de conhecimento interno e externo refere-se à capacidade de percepção, mais especificamente, a capacidade de identificar e adquirir conhecimento a partir de fontes internas e externas e torná-lo adequado para utilização;
- criação e substituição de conhecimento: a criação de conhecimento refere-se à capacidade de combinar conhecimento a fim de desenvolver novos conhecimentos. Geralmente, a criação de conhecimento é associada às atividades de investigação e desenvolvimento e pode ser associada com a eliminação, ou substituição, de conhecimentos antigos. A literatura sobre medicina baseada em evidências mostra as dificuldades em destruir o conhecimento antigo e substituí-lo com a aplicação de novos conhecimentos, por exemplo, a adoção de novas orientações clínicas;
- integração e transferência de conhecimento: refere-se à capacidade de transformar as fontes de conhecimentos (tácito, explícito, individual, organizacional, interna e externa) em conhecimento prático e útil. Integrar conhecimento não é suficiente, também é necessário que esse seja compartilhado entre indivíduos da organização;
- replicação de conhecimento: refere-se à capacidade de identificar conhecimentos replicáveis, isto é, identificar como e em que contexto podem esses ser reutilizados com sucesso. Em saúde, o conhecimento compartilhado e transferido por meio de manuais ou protocolos do tipo “como fazer” não são aplicáveis a todos os ambientes. A replicação do conhecimento, também, é limitada por questões legais tais como patentes, direitos autorais, marcas registradas, entre outros;
- avaliação do desempenho e inovação: as avaliações verificam os benefícios resultantes de investimentos em criação, compartilhamento e aplicação de conhecimentos. Verificam-se as melhorias e o desenvolvimento de novos produtos ou serviços.

3.3. Representação de conhecimento

O processo de representação do conhecimento resulta na expressão dos pensamentos, experiências, observações e metodologias aplicadas pelo grupo de especialistas num domínio. O objetivo da

representação do conhecimento é prover sistemas de conhecimento com informação sobre um domínio de maneira que possa ser processada de forma eficiente (KONG et al., 2008).

A Engenharia do Conhecimento (EC) é uma disciplina que trata a aquisição, representação e modelagem de conhecimento. O objetivo principal da EC é transformar o processo ad hoc de construir sistemas de conhecimento em uma disciplina da engenharia baseada em métodos, técnicas e ferramentas especializadas (PACHECO et al., 2007).

As técnicas de EC são particularmente importantes no processo de externalização, isto é, na conversão do conhecimento tácito em conhecimento explícito. Para a EC moderna, o conhecimento é modelado de forma independente de aspectos de implementação, permitindo identificar, representar e modelar explicitamente diferentes tipos de conhecimento. Entre as metodologias para modelagem de sistemas de conhecimento usadas em EC pode-se citar (PACHECO et al., 2007): VITAL, MIKE, CommonKADS e Protégé.

Existem diversos instrumentos terminológicos voltados para a organização e representação do conhecimento, desde os mais simples, como os vocabulários controlados, até os mais sofisticados, como as ontologias. Esses instrumentos se diferenciam pelo escopo do que representam seu uso, sua forma, quem são seus usuários, a complexidade de sua apresentação e desenvolvimento (CAMPOS et al., 2008).

Na área de saúde, a técnica de ontologia tem se destacado por auxiliar a troca de informações clínicas entre sistemas computacionais e no desenvolvimento de novas aplicações como prontuário eletrônico, segunda opinião diagnóstica, sistemas de suporte a decisão clínica, dentre outros.

Historicamente o termo ontologia tem origem no grego “ontos”, ser, e “logos”, palavra. Ontologias são utilizadas em diversas áreas e possui diferentes significados, variando sua definição conforme o campo em questão. Uma definição de ontologia é apresentada por (GRUBER, 1992): “Uma especificação formal e explícita de uma conceitualização”. Conceitualização diz respeito a um modelo abstrato de algum fenômeno do mundo real. Quanto ao termo formal, significa que o modelo é representado de modo que seja compreensível por sistemas computacionais. Por explícita, refere-se aos conceitos, propriedades, relações, funções, restrições e axiomas explicitamente definidos.

Em outras palavras, Almeida e Bax (ALMEIDA; BAX, 2003) definem ontologia como as regras que regulam a combinação entre

conceitos (organizados em uma taxonomia) e suas relações (i. é, o tipo de interação entre os conceitos) em um domínio do conhecimento e permite aos usuários formularem consultas a instâncias (elementos específicos, ou seja, os próprios dados) usando conceitos definidos pela ontologia.

Uma ontologia é formada basicamente, mas não obrigatoriamente, por: conceitos (organizados em hierarquia); relações (ligações entre conceitos que fogem à hierarquia); atributos (relações com tipos de dados pré-definidos); instâncias (ocorrências concretas de conceitos abstratos) e axiomas (regras válidas dentro do domínio modelado).

Algumas vantagens do uso de ontologia em relação aos objetos da programação orientada a objetos são (BORST, 1997): i) ontologias fornecem uma especificação mais detalhada sobre as propriedades dos objetos e suas relações; ii) ontologias podem ser construídas pela união de ontologias menores em uma ontologia mais complexa, possibilitando que um domínio seja estendido ou complementado.

Na literatura as ontologias são classificadas sob diferentes visões: por função (MIZOGUCHI et al., 1995); por grau de formalismo de seu vocabulário (USCHOLD; GRUNINGER, 1996); por níveis (GUARINO, 2000); por aplicação (JASPER; USCHOLD, 1999), entre outros. Guarino (2000) propõe a classificação de ontologias em níveis: i) ontologia de alto nível, descreve conceitos genéricos e independentes de um problema ou domínio específico; ii) ontologia de domínio, representa conhecimento relativo a um domínio específico; iii) ontologia de tarefa, relativo a uma tarefa genérica ou específica através da especialização de conceitos presentes na ontologia de alto nível e iv) ontologia de aplicação, que descreve conceitos dependentes do domínio e da tarefa particulares.

Lassila e McGuinness (2001) propõem uma classificação, conforme mostrado na Figura 9, baseada na estrutura interna e no conteúdo da ontologia, partindo da ontologia “leve” (*lightweight*) até a ontologia extrema ou “pesada” (*heavyweight*). Entre estes extremos estão algumas estruturas como catálogos informais de termos, tesouros, hierarquias “tipo-de” formais, dentre outras. Conforme mencionado em (BREITMAN, 2005), todos esses artefatos objetivam estabelecer um vocabulário compartilhado, diferenciando-se pelo grau de formalismo e expressividade de cada representação.

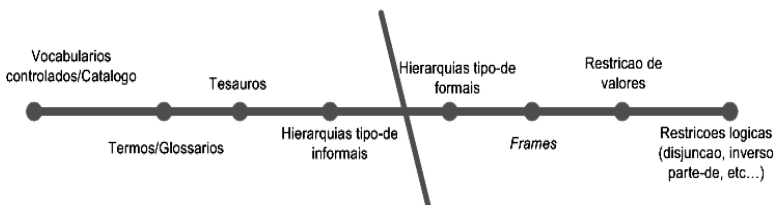


Figura 9: Classificação de Ontologia conforme Lassila e McGuinness (2001).
Fonte: (BREITMAN, 2005).

Na Figura 9, à esquerda da linha divisória estão os artefatos que alguns autores não consideram como ontologias, ou ainda são consideradas ontologias *lightweight*. Ontologias *lightweight* são desenvolvidas para aplicações que não requer um nível de expressividade elevado. Essas modelam informação de um determinado domínio (conceitos e sua taxonomia), sem incluir axiomas e restrições. Exemplos são os vocabulários controlados, glossários, tesauros e hierarquias informais. À direita da linha divisória estão os artefatos com mais expressividade, considerados ontologias *heavyweight*. Essas são desenvolvidas para aplicações que requerem um alto nível de expressividade para incorporar axiomas e restrições, possibilitando os processos de inferência.

Conforme Lassila e McGuinness (2001), para ser uma ontologia, um artefato deve possuir obrigatoriamente: 1) vocabulário controlado finito dos termos, que possa ser estendido; 2) interpretação não-ambígua de classes e relacionamentos entre os termos do vocabulário; 3) relacionamentos hierárquicos estritos entre classes e subclasses.

Os mesmos autores consideram como características típicas em uma ontologia, mas não obrigatórias: 1) especificação de propriedades nas classes; 2) inclusão de indivíduos (instâncias) e 3) especificação de restrições. Finalmente, as características desejáveis, mas não obrigatórias nem típicas em ontologias são: 1) especificação de classes disjuntas e 2) especificação de relacionamentos lógicos arbitrários entre os termos.

Uma ontologia pode representar os seguintes níveis de conhecimento: a estrutura dos conceitos do conhecimento sobre o domínio de aplicação; o conhecimento sobre o domínio, representado por instâncias do tipo anterior e o conhecimento manipulado pelo sistema disponibilizado em bases de conhecimento (por exemplo, casos e fatos apresentados pelos especialistas).

Algumas vantagens proporcionadas pelo uso da técnica de ontologia são: definição de vocabulário consensual; padronização no desenvolvimento de sistemas; possibilidade de desenvolvimento de software mais inteligente; comunicação entre sistemas (exemplos: hospitais e clínicas) e reuso do conhecimento modelado em novas aplicações e pesquisas.

O desenvolvimento de ontologia requer envolvimento de vários grupos de pessoas. O profissional que possui conhecimento no domínio é chamado de especialista. O fato de um especialista saber como utilizar seus conhecimentos para realizar tarefas não implica que ele saiba como modelar este conhecimento. A atividade de modelagem e representação de conhecimento pode ser apoiada por um profissional especializado em técnicas de representação de conhecimento, denominado engenheiro de conhecimento (ZWEIGENBAUM, 1995).

Para que possa apoiar as soluções de problemas de gestão na descoberta, na criação, na compilação, na distribuição e na aplicação de conhecimento, o engenheiro de conhecimento deve, entre outros, planejar a arquitetura tecnológica de modo a torná-la útil aos objetivos estratégicos da organização e ao suporte aos sistemas de conhecimento (MANICA et al., 2008c). Portanto, o desenvolvimento de ontologia é visto como uma ação colaborativa entre várias pessoas com diferentes habilidades.

3.3.1. Ontologia médica

Uma ontologia de domínio captura o conhecimento válido para um tipo particular de domínio, tal como a biomedicina. Ontologias em biomedicina abrangem um espectro que varia desde uma simples listas de termos (ontologia *lightweight*) até expressivas fontes de conhecimento biomédico (ontologia *heavyweight*). As ontologias médicas são um recurso importante para o desenvolvimento da medicina baseada na evidência, pois além de incorporarem dados de saúde, introduzem especificações formais para representar relacionamentos estruturais entre os termos (STEVENS, 2002).

Estimulados pelo impacto e sucesso do projeto *Gene Ontology* (LEWIS, 2005) a técnica de ontologia tem despertado grande interesse de pesquisadores da área biomédica. O crescente número de pesquisas em ontologia biomédica pode ser verificado em várias revisões publicadas na literatura ao longo dos últimos anos [(ROJAS et al., 2004), (YU, 2006), (BODENREIDER; STEVENS, 2006), (RUBIN et al., 2008), (SMITH; SHAH, 2008)].

Mediante o grande número de pesquisas na área, Rubin *et al.* (2008) apresentam uma classificação de pesquisas em bio-ontologia considerando duas perspectivas complementares: uma visão orientada a conteúdo (*content-oriented view*), relativa à criação de ontologias; e uma visão funcional (*functional view*), que trata a forma na qual ontologias podem ser utilizadas em aplicações biomédicas.

A literatura na área de ciência da informação descreve as diferenças entre vocabulário controlado, tesouros, taxonomias e ontologias (CAMPOS *et al.*, 2008). Entretanto, observa-se na literatura biomédica uma grande variedade de artefatos denominados ontologias, causando debates e confusões sobre o tema (RUBIN *et al.*, 2008). Nesta tese, como Rubin (RUBIN *et al.*, 2008) e outros pesquisadores, consideramos as terminologias, tais como léxicos, tesouros, sistema terminológico, vocabulário controlado e descritores em saúde como artefatos ontológicos “leves”.

Num extremo da simplicidade, os nomes das classes dentro de bio-ontologias podem ser utilizados como uma terminologia controlada para indexarem dados e facilitar a recuperação de informação. No outro extremo estão as ontologias altamente expressivas, contendo conhecimento biomédico detalhado que permite o desenvolvimento de aplicações computacionais inteligentes, capazes de fazer inferências sobre dados biomédicos. Neste contexto, existem inúmeras ontologias contendo conhecimento validado e estabelecido na área médica (MANICA *et al.* 2008a).

A seção seguinte apresenta um importante tipo de ontologia usada para representar conhecimento sobre o sistema terminológico médico, os descritores em saúde.

3.3.2. Descritores em saúde

O crescimento de publicações em biomedicina tem gerado um grande número de bases de conhecimento independentes e heterogêneas. A linguagem biomédica possui muitos sinônimos, abreviações e acrônimos que podem fazer referência a um mesmo conceito, ou ainda um termo pode ter significados diferentes, conforme o contexto em que é empregado. Esta diversidade terminológica torna improdutiva a pesquisa por documentos em fontes distribuídas e heterogêneas, tornando o estudo das terminologias cada vez mais essenciais ao desenvolvimento de informática em saúde.

Neste sentido, ontologias sobre sistemas terminológicos são criadas para prover uma descrição formal e consensual dos termos em

um domínio, incluindo suas características como o significado, os sinônimos, o acrônimo, as abreviações, bem como seus relacionamentos. Uma vez representada, esta ontologia pode ser usada como vocabulário controlado para descrever, dentre outros, entidades biomédicas, tarefas, processos, doenças e exames de maneira consistente (RUBIN et al. 2008).

Descritores são termos organizados em estruturas hierárquicas, que facilitam a identificação e recuperação documentos em bases de conhecimentos. Um descritor, tal como uma palavra-chave é usado para identificar o conteúdo de um documento, entretanto, possuem diferenças entre si. A palavra-chave não obedece nenhuma estrutura, é aleatória e retirada de textos de linguagem livre. Para uma palavra-chave tornar-se um descritor, essa tem que passar por um rígido controle de sinônimos, significado e importância na árvore de um determinado assunto (BRANDAU et al., 2005). Em outras palavras, descritores constituem uma terminologia autorizada e reconhecida usados como uma espécie de filtro entre a linguagem utilizada pelo autor e a terminologia da área (ELLIZZON, 2004). Na área da saúde, descritores são amplamente utilizados para indexar, catalogar e buscar informações e documentos biomédicos em bases de conhecimento.

Em (BRANDAU et al., 2005), os autores destacam que a utilização de descritores em saúde não se resume apenas na busca de documentos, possuem aplicação ampla e podem ser incorporados à prática clínica diária da seguinte forma. O processo de encontrar uma resposta apropriada a uma dúvida que surgiu durante um atendimento ao paciente depende de como a pergunta é estruturada. O uso de descritores é interessante na estruturação da pergunta e conforme (NOBRE et al. 2003), o uso de termos inadequados faz com que uma pesquisa resulte na ausência ou em quantidade muito grande de informação, muitas vezes não relacionada diretamente ao interesse.

Na área da saúde, descritores são ontologias que contribuem com o desenvolvimento de uma terminologia comum para indexar, catalogar e buscar conhecimento explícito em documentos biomédicos. Exemplos deste tipo de ontologias públicas são: UMLS (*Unified Medical Language System*), SNOMED (*Systemized Nomenclature of Medicine*), MeSH (*Medical Subject Headings*) e DeCS (Descritores em Ciências da Saúde). Estas ontologias se diferem conforme seus objetivos, serviços prestados e na forma em que representam o sistema terminológico.

O UMLS é um projeto de unificação de terminologias em saúde que se destaca por ser uma das mais completas codificações. O

UMLS é uma base de conhecimento médico destinado a desenvolvedores com o objetivo de facilitar o desenvolvimento de softwares que compreendem a linguagem biomédica e da saúde (UMLS, 2007). Projetado e distribuído pela U.S. *National Library of Medicine* (HUMPHREYS; LINDBERG, 1992), conecta vocabulário biomédico de diversas fontes (terminologia clínica, fontes sobre drogas, entre outros) em diversas línguas.

O UMLS tem como objetivo facilitar a recuperação e a integração de informações biomédicas tais como: literatura biomédica, registro clínico (prontuário), bases de dados, bases de conhecimento, entre outros. O sistema tenta solucionar problemas devido à variedade de vocabulários usados nas diferentes fontes de informação, que são numerosas e amplamente distribuídas.

O projeto é de domínio público e utiliza principalmente verbas governamentais envolvendo centenas de instituições e indivíduos em todo mundo. O UMLS é composto basicamente por três principais bases de conhecimento: um *metathesaurus* com informação semântica sobre os conceitos, seus termos e suas relações; uma rede semântica de categorias genéricas as quais os termos do *metathesaurus* são atribuídos e um léxico especializado que contém informação sintática sobre termos biomédicos (PISANELLI et al., 1998).

O SNOMED Internacional (*Systematized Nomenclature of Medicine*) é um sistema de nomenclatura médica do College of American Pathologists, criada com o objetivo de indexar o registro médico de forma completa. O SNOMED Internacional (SNOMED, 2008) foi formado em setembro de 1993, entretanto, já havia sido traçada desde o início dos anos 60 como a *Systematized Nomenclature for Pathology* (SNOP). O sistema inclui sinais e sintomas, diagnósticos e procedimentos integrados dentro de uma estrutura única de dados.

O MeSH (*Medical Subject Headings*) é uma terminologia criada e mantida pela Biblioteca Nacional de Medicina (NLM, 2009), para indexação da literatura médica. MeSH fornece um conjunto padrão de termos utilizados para descrever literatura biomédica como jornais, livros, relatórios de pesquisas, entre outros.

Originalmente concebido para auxiliar bibliotecários na localização de literatura, o padrão MeSH mostrou-se útil nas áreas de processamento da linguagem natural, métodos de processamento de texto, extração e classificação de conhecimento (LOWE et al., 1994). Hoje é atualizado dinamicamente por especialistas e amplamente utilizado para tratamento de informação em saúde e em ferramentas de aplicação da informática em saúde. O MeSH, cujo idioma principal é o

Inglês, encontra-se disponível para consulta on-line ou para *download* no formato XML (NML, 2009).

O DeCS (DeCS, 2009) é uma tradução do MeSH para os idiomas de países da América Latina e no Caribe. É um vocabulário controlado trilingue (Inglês, Português e Espanhol) disponibilizado pela BIREME (Centro Latino-Americano e do Caribe de Informação em Ciências da Saúde), cujo objetivo é permitir o uso de terminologia comum para indexar, catalogar e buscar informações e documentos biomédicos relacionados à saúde.

Os conceitos que compõem o DeCS são organizados em uma estrutura hierárquica permitindo a pesquisa sobre os termos na estrutura. Devido à natureza multidisciplinar de muitos conceitos, um descritor pode pertencer a mais de uma área ou categoria, ou a vários ramos da mesma categoria.

3.3.3. Descritores em Urgência e Emergência (UE)

O uso de descritores de origem estrangeira, como o MeSH, exige uma readequação para o contexto brasileiro. O trabalho publicado em (OLIVEIRA et al., 2003) avaliou o uso do DeCS em dois periódicos nacionais entre 1995 e 2000, na área de angiologia e cirurgia vascular. A pesquisa mostrou que a maioria dos termos empregados (56,3%) não estavam de acordo com a listagem do DeCS 2001 e do MeSH 1994. Assim, os autores concluíram que novos termos deveriam ser acrescentados ao DeCS para acompanhar o desenvolvimento das especialidades médicas no Brasil.

Considerando a necessidade de atualização, nos últimos anos foram acrescentadas ao DeCS as especialidades em saúde pública, homeopatia, ciência e saúde e vigilância sanitária. Entretanto, a terminologia atual do DeCS, cuja origem é a tradução dos termos do MeSH, é insuficiente para representar a área de UE conforme o modelo brasileiro. Descritores nesta área do conhecimento se encontram dispersos entre as atuais categorias, o que dificulta a recuperação de conhecimento no domínio.

Em outras palavras, o DeCS possui descritores relacionados à UE, porém eles não se encontram agrupados em uma classe específica, estão distribuídos em diferentes categorias. Isso ocorre pelo fato de que no Brasil, a área de Urgência e Emergência ainda não é reconhecida como uma especialidade médica ou de enfermagem.

Diferenças nacionais em termos de cultura, economia, medicina tradicional e realidade política podem implicar na implementação de

soluções diferentes para os mesmos problemas em urgência e emergência (UE) médica (HALPERN, 2004). Halpern (2004) destaca que existem semelhanças no processo mundial de desenvolvimento da especialidade UE como uma disciplina distinta, entretanto, não há um único modelo ideal adequado para todas as circunstâncias. Assim, descritores resultantes de modelos provenientes de países estrangeiros devem ser revistos para adaptarem ao contexto em que são utilizados.

Para exemplificar a dificuldade na recuperação de documentos em UE, considere o seguinte exemplo: um usuário deseja realizar uma consulta sobre o tema queimadura em emergência. Queimadura de terceiro grau é uma emergência no momento em que ocorre. Entretanto, se a mesma ocorreu há seis meses, não é mais considerada uma queimadura em emergência. Assim, a pesquisa retorna documentos que não se referem ao contexto desejado. Se a pesquisa for realizada em casa ou consultório, com tempo disponível, este refinamento poderá ser obtido por meio da ferramenta de busca ou mesmo manualmente pelo usuário. Entretanto, se esta busca estiver sendo realizada em um momento de emergência, onde o usuário atua sob pressão e com tempo limitado, esta busca se torna inviável.

Outra restrição se refere ao fato que termos usados no cotidiano dos profissionais brasileiros podem não ser encontrado no DeCS, como por exemplo: fluidoterapia, suporte avançado, broncoespamo, retirada de veículos, transporte inter-hospitalar, imobilização de coluna, acesso venoso periférico, embolia arterial, entre outras particularidades linguísticas usadas pelos profissionais em emergências.

3.3.4. Dificuldades no desenvolvimento de sistemas terminológicos

Conforme apresentado nas seções anteriores, artefatos ontológicos *lightweight* como os descritores e outros sistemas terminológicos são utilizados principalmente para indexar e pesquisar documentos em bases de conhecimento em saúde. Adicionalmente, sua importância é destacada no momento da modelagem de ontologias mais expressivas (*heavyweight*), essenciais no desenvolvimento de sistemas inteligentes para apoiar as atividades de profissionais em saúde.

No sentido de consolidar e sistematizar o processo de construção de ontologias, várias metodologias são propostas na literatura (JONES et al. 1998). Uma etapa comum em todas as metodologias consiste em enumerar termos que refletem a linguagem utilizada pelos especialistas no domínio modelado. Assim, a

modelagem de ontologias se inicia a partir da elaboração do léxico da aplicação, isto é, a partir dos termos que serão modelados as classes, propriedades e axiomas da ontologia (BREITMAN, 2005).

Em saúde, a identificação dos termos para o desenvolvimento de sistemas terminológicos não é uma atividade simples. Uma terminologia clínica deve atender simultaneamente os seguintes requisitos (RECTOR, 1999):

- Ser compreensível pelos profissionais da saúde na sua língua nativa;
- Ser intuitiva e adequada à rotina diária dos profissionais da saúde;
- Comportar-se de uma maneira rigorosamente previsível para engenheiros, em especial, a classificação dos conceitos deve melhorar a precisão na busca de informações.

Observa-se que as duas primeiras exigências requerem que sistemas terminológicos sejam flexíveis (como os humanos), enquanto que a terceira requer um comportamento rígido e fixo (como os sistemas digitais). Segundo Rector (RECTOR, 1999), considerando o pressuposto de que o objetivo da terminologia clínica é suportar o desenvolvimento de sistemas inteligentes, seu comportamento deve ser rigorosamente definido, mas de alguma maneira, acolher a flexibilidade exigida por usuários humanos.

O autor destaca que, muitos desenvolvedores de terminologias concentram-se nas necessidades dos sistemas computacionais, ignorando a terminologia útil, obtida nas atividades diárias dos especialistas.

Normalmente, os termos a serem identificados em saúde (termos técnicos, abreviações, particularidades linguísticas, gírias regionais, dentre outros) estão associados às emoções e ao contexto específico do atendimento médico. Portanto, é interessante que a extração e análise dos termos estejam associados ao contexto de seu uso para obter-se um vocabulário estruturado e atualizado no domínio.

3.4. Decisão clínica e sistema de conhecimento

Na prática diária de suas atividades, profissionais em saúde precisam constantemente tomar decisões considerando os recursos disponíveis, potenciais benefícios e riscos envolvidos nos procedimentos executados. A decisão clínica é o processo de seleção de

um procedimento adequado diante de um cenário clínico, considerando as informações disponíveis sobre o paciente, riscos, custo financeiro, recursos disponíveis, entre outros (MUSEN et al., 2001).

Além de ser baseada em resultados de pesquisas clínicas sobre um procedimento, uma boa decisão clínica considera outros recursos tais como conhecimento sobre o paciente (exemplos são o estágio da doença e seus desejos), experiência do médico, tratamentos disponíveis, evolução esperada, entre outros. Recentemente, a tomada de decisão clínica vem sendo norteadada pela corrente denominada Medicina Baseada em Evidências (MBE).

Conforme ilustra a Figura 10, MBE é definida como a integração do conhecimento evidenciado em publicações científicas de qualidade com a experiência do especialista e os valores (desejos e preferências) do paciente para tomada de decisão clínica (AKOBENG, 2005). Em outras palavras, a MBE utiliza provas científicas fidedignas e atuais disponíveis para gerenciar um problema clínico, tendo como ponto de partida uma pergunta ou uma dúvida que surge durante a prática clínica. A MBE reconhece que o resultado de pesquisas está em constante mutação e o acompanhamento atualizado é uma prática difícil para o profissional em saúde.

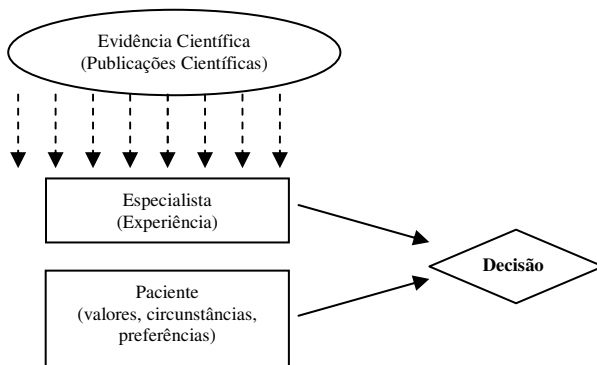


Figura 10:Princípios da MBE.
Fonte: Adaptado de (AKOBENG, 2005).

Conforme Akobeng (2005), a prática da MBE implica em cinco passos essenciais: 1) converter o conhecimento requerido em perguntas, isto é, formular uma questão clínica derivada do problema do paciente em questão; 2) pesquisar a evidência atual (publicações) mais adequada para responder a pergunta; 3) avaliar criticamente as evidências

encontradas; 4) aplicar os resultados da avaliação na prática clínica; e 5) avaliar o desempenho e resultados obtidos.

A partir da pergunta estruturada (passo 1) identificam-se as palavras-chave ou descritores que irão constituir a base da busca da evidência nas diversas bases de dados disponíveis. Para que os profissionais possam executar o passo 2, a pesquisa literária é uma maneira de adquirir artigos para responder a uma questão específica. Atualmente, a fonte de pesquisa principal são as bibliotecas virtuais em saúde. Neste contexto, o desenvolvimento de vocabulário controlado é essencial para a indexação e recuperação adequada de documentos na prática de MBE.

3.4.1. Sistema de conhecimento

Sistema de Conhecimento (SC) são programas de computador que utilizam o conhecimento representado explicitamente para resolver problemas que requerem conhecimento humano e especialização. Para Laundry (2006), um SC em saúde é o conjunto dos mecanismos e sistemas para aquisição, geração, divulgação, aplicação e aperfeiçoamento do conhecimento.

Assim como em outras áreas, sistemas de conhecimento têm sido propostos para organizações de saúde, nos quais se enquadram os sistemas de apoio à decisão clínica (SADC). Conforme Miler e Geissbuhler (1999) SADC é definido como um sistema baseado em conhecimento médico que incorpora informação do paciente para definir conselhos específicos. Por meio da aplicação de conhecimento específico, um SADC fornece respostas, indica sugestões, gera alertas e lembretes. Em adição, um SADC traça caminhos alternativos para a solução de um determinado problema, de modo a reduzir significativamente a incerteza na tomada da decisão clínica.

Apesar de serem concebidos para auxiliar especialistas, ainda existem barreiras na sua implementação efetiva nas atividades dos profissionais na área da saúde (KONG et al., 2008). A dúvida existe em vários estágios da tomada de decisão clínica. Exemplos de fontes incertas de informações incluem casos de pacientes que não expressam adequadamente o que sentem, casos de médicos e enfermeiros que não conseguem descrever exatamente o que observam ou mesmo resultados de exames laboratoriais que possuem margem de erro, dentre outras (SZOLOVITS, 1995).

Kong *et al.* (2008) destacam que o maior desafio é como os SADC devem tratar essas incertezas na representação e raciocínio sobre

conhecimento médico. Para mais informações sobre os tipos, características, desafios, aplicações, processo de desenvolvimento entre outras informações relevantes sobre SADC sugerimos a leitura de [(MUSEN et al. 2001), (KAWAMOTO et al., 2005), (KONG et al. 2008) e (MADHUKAR et al., 2009)].

Kawamoto *et al.* (2005) destacam que o sucesso do desenvolvimento de sistemas de apoio à decisão clínica está diretamente relacionado à representação do conhecimento no domínio. Assim, para o desenvolvimento de sistemas mais inteligentes, é essencial que o conhecimento seja representado em uma linguagem que os computadores possam compreendê-lo. Conforme apresentado na seção 3.3, a técnica de ontologia tem sido amplamente utilizada na área da saúde para modelar de maneira formal e precisa o conhecimento de especialistas de um domínio.

3.4.2. SADC em urgência e emergência

Apesar das vantagens proporcionadas, observa-se na literatura que SADC são raramente aplicados na área de UE médica (MICHALOWSKI et al., 2005). Uma dificuldade refere-se ao fato que o atendimento em emergências pode ocorrer em situações bastante adversas como em tumultos, mau tempo, situações de risco para a equipe que realiza o atendimento de emergência. Diferente das consultas médicas realizadas em clínicas e hospitais, o atendimento normalmente não possui um local adequado e profissionais tomam decisões com tempo e recursos limitados.

A tomada de decisão em atendimento de urgências e emergências médicas constitui-se num desafio, também, para seus profissionais, pois exige conhecimento de diversas especialidades e habilidades específicas para a abordagem dos pacientes. O uso de SADC em UE não deve introduzir quaisquer alterações na rotina clínica ou em procedimentos bem estabelecidos (ANDERSON, 1997). Os médicos não podem ser forçados a abandonar pacientes para consultar um sistema executado em um computador remoto. Portanto, o profissional deve ser equipado com uma ferramenta de apoio que pode ser utilizada em qualquer lugar, de outro modo, o sistema será rejeitado, apesar da sua funcionalidade.

Com a evolução da tecnologia de computação móvel e a crescente informatização em ambientes clínicos e hospitalares, o uso de dispositivos portáteis surge como uma solução promissora para a utilização de SADC. O objetivo é suportar a tomada de decisão no local

do atendimento de forma integrada ao fluxo de trabalho dos profissionais. Entretanto, SADC desenvolvidos para serem usados em consultórios médicos não são adequados para dispositivos portáteis em ambiente de computação móvel. Adicionalmente, o ambiente de computação móvel introduz limitações tecnológicas, tais como a limitação dos dispositivos portáteis quanto à capacidade de processamento, consumo de bateria e rede sem fio vulnerável a desconexões. A falta de bateria de um equipamento ou acesso à rede sem fio pode dificultar o acesso ao SADC no momento da tomada de decisão.

Outro desafio relevante para o desenvolvimento de SADC para UE refere-se à dificuldade de extração e representação do conhecimento associado às atividades dos profissionais em emergências. O conhecimento tácito do especialista deve ser convertido em explícito e representado de maneira formal para que então possam ser desenvolvidos SADC adequados ao domínio.

3.5. Linguagem e ambiente para desenvolvimento de ontologia

Nesta seção, abordarmos sucintamente algumas tecnologias que apóiam as atividades de modelagem e representação de conhecimento com a técnica de ontologia.

3.5.1. Linguagem para representação de ontologia

Para representar o conhecimento de forma que este seja utilizado por sistemas computacionais, é necessário o uso de uma linguagem para construção de ontologias. Muitas linguagens foram desenvolvidas para representação formal de ontologias (Figura 11), baseadas em *frames*, lógica descritiva, lógica de primeira ordem ou XML, porém com diferentes expressividades e propriedades computacionais. Conforme Corcho e Gómez-Pérez (2000), exemplos de linguagens tradicionais para construção de ontologias são: OKBC (*Open Knowledge Base Connectivity*), OCML (*Operational Conceptual Modeling Language*), FLogic (*Frame Logic*) e LOOM. Existem também linguagens de ontologias baseadas na *Web*.

Em 2000, o W3C (*World Wide Web Consortium*), consórcio criado para especificar e padronizar tecnologias para Internet, propôs a linguagem RDF (*Resource Description Framework*) para o desenvolvimento de ontologias na *Web*. O RDF fornece primitivas básicas para a criação de ontologias simples, incluindo relacionamentos

de generalização entre classes e propriedades, porém possui limitações relativas à expressividade. Assim, foi proposto o RDF-Schema, uma extensão do RDF com maior expressividade e poder de comunicação. Muitas linguagens foram propostas para o desenvolvimento de ontologia baseadas em extensões do RDF-Schema.

Exemplos de linguagens desenvolvidas para compartilhamento de ontologias na *Web* são: XOL (*XML-Based Ontology Exchange Language*), SHOE (*Simple HTML Ontology Extension*), OIL (*Ontology Interchange Language*), DAML (*DARPA Agent Markup Language*), entre outras. Corcho *et al.* (2003) apresentam uma revisão comparativa sobre várias metodologias, ferramentas e linguagens para construção de ontologias. A Figura 11 ilustra a relação entre algumas linguagens e seus formalismos. Existem também linguagens para a representação de ontologias com suporte gráfico que facilitam a compreensão da ontologia criada, como é o caso da CML (*Conceptual Modelling Language*), proposta na metodologia *CommonKADS* (SCHREIBER, 1994).

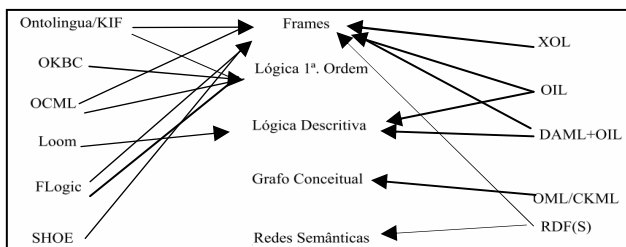


Figura 11: Relação linguagens e formalismos.
Fonte: Adaptado de (CORCHO et al. 2003).

Desde fevereiro de 2004, o W3C recomenda a OWL (*Web Ontology Language*) como linguagem padrão para o compartilhamento de ontologias na *Web*. Conforme ilustra a Figura 12, OWL é uma revisão da linguagem DAML+OIL, projetada para construir ontologia bem como raciocinar sobre ela. Esta linguagem possui dispositivos para expressar significado e conteúdo compreensível para aplicações que necessitam processar informações na *Web* (BECHHOFFER et al., 2002).

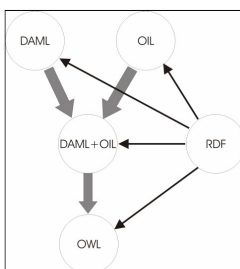


Figura 12: Linguagem OWL.

As ontologias em OWL são classificadas em três sub-linguagem: OWL-Lite, OWL-DL e OWL-Full (BECHHOFFER et al., 2002). A principal característica de cada sub-linguagem refere-se a sua expressividade. A OWL-Lite é a sub-linguagem menos expressiva e sintaticamente mais simples, destinada as ontologias com hierarquia de classe e restrições simples, como é o caso de tesouros e outras hierarquias simples. Assim, OWL-lite fornece suporte à migração de tesouros e taxonomias para o formato de ontologias.

A OWL-DL, baseada em lógica descritiva, é mais expressiva que a OWL-Lite e passível de raciocínio automático, porém possui limitações pela completude computacional. A OWL-Full, considerada a própria linguagem OWL, suporta o máximo de expressividade mantendo a completude computacional (garante um tempo finito para todas as computações).

Segundo o W3C, ontologias desenvolvidas em OWL possuem as seguintes características: podem ser distribuídas através de diferentes sistemas; escalabilidade conforme necessidades da *Web* e compatibilidade com padrões da *Web* referentes à acessibilidade e internacionalização.

3.5.2. Ferramenta para desenvolvimento de ontologia

A criação de ontologias não é uma tarefa trivial, já que significa tornar explícito conhecimento que normalmente se encontra implícito. Várias ferramentas são propostas no sentido de apoiar o desenvolvimento de ontologia, tais como: Ontolingua (GRUBER, 1992), WebOnto (DOMINGUE, 1998), WebODE (CORCHO et al., 2005), Protégé (NOY e MCGUINNESS, 2001), OntoKEM (RAUTENBERG et al., 2009), entre outras. Um estudo comparativo

entre algumas ferramentas pode ser encontrado em (DUINEVELD et al., 2000) e (PEREZ et al., 2002).

A OntoKEM (RAUTENBERG et al., 2009) é uma ferramenta baseada na *Web* de propósito acadêmico que auxilia o desenvolvimento de ontologias. A ontoKEM foi concebida e desenvolvida no Laboratório de Engenharia do Conhecimento (LEC) do Programa de Engenharia e Gestão do Conhecimento (EGC) da Universidade Federal de Santa Catarina. A característica principal da ferramenta para com a engenharia de ontologias é sistematização das atividades de especificação, conceitualização e formalização dos elementos de uma ontologia, gerando automaticamente artefatos de documentação (RAUTENBERG et al., 2009).

Na área da saúde, o uso da ferramenta Protégé (PROTÉGÉ, 2009) tem se destacado por ser uma plataforma em software livre para construção de modelos de domínio e aplicações baseadas de conhecimento por meio de ontologias. Protégé foi desenvolvido pelo *Stanford Medical Informatics* (SMI), um grupo de pesquisa interdisciplinar do Departamento de Medicina da Stanford University School of Medicine. O SMI reúne cientistas que criam e validam métodos para aquisição, representação, processamento e gestão de conhecimento e dados na área da saúde e ciências biomédicas.

Diferente da ontoKEM, em que a implementação da ontologia se faz através de uma página na *Web*, o Protégé é instalado e executado no computador. Através da interface *Tab plug-ins*, é possível acrescentar novas abas a janela do Protégé. Exemplos de *plugins* já existentes no protégé são: Jambalaya, Jess, UMLS, entre muitos outros. *Slot plugins* permite a criação de interfaces personalizadas para a entrada de valores de *slots* em domínios específicos e *backend plugins* permite alterar o modo como o Protégé armazena os dados e importar bases de conhecimento em vários formatos.

A ferramenta suporta dois tipos de modelagem de ontologias: Protégé-Frames e Protégé-OWL. O primeiro editor capacita usuários a construir ontologias tradicionais, baseadas em *frames*, enquanto o Editor Protégé-OWL capacita usuários a construir ontologia na linguagem OWL para *Web*. Ambas possuem componentes similares, entretanto com terminologia diferente. A correspondência entre as duas nomenclaturas é apresentada na Figura 13. Depois de modelada a ontologia, é possível exportá-la para as principais linguagens, como RDFS, OWL, XMLS, entre outras.

| | |
|------------------------|---------------------------|
| Protege-Frames | Protege-OWL |
| Instances (Instâncias) | Indivíduos (individuals) |
| Slots (Slots) | Propriedades (Properties) |
| Classes (Classes) | Classes (Classes) |

Figura 13: Correspondência entre nomenclaturas Protégé-OWL e Protégé-Frames.

O ambiente gráfico, ilustrado na Figura 14, facilita o desenvolvimento e manipulação da ontologia tanto para engenheiros de conhecimento como para os especialistas no domínio. A guia *classes* permite a criação e manutenção de classes da ontologia. A guia *properties* é usada para criação e manutenção das propriedades. A guia individual permite inserir instâncias (indivíduos) nas classes. Existem muitas outras guias que não estão ilustradas na Figura 14, dependendo da configuração solicitada e *plugins* instalados no ambiente.

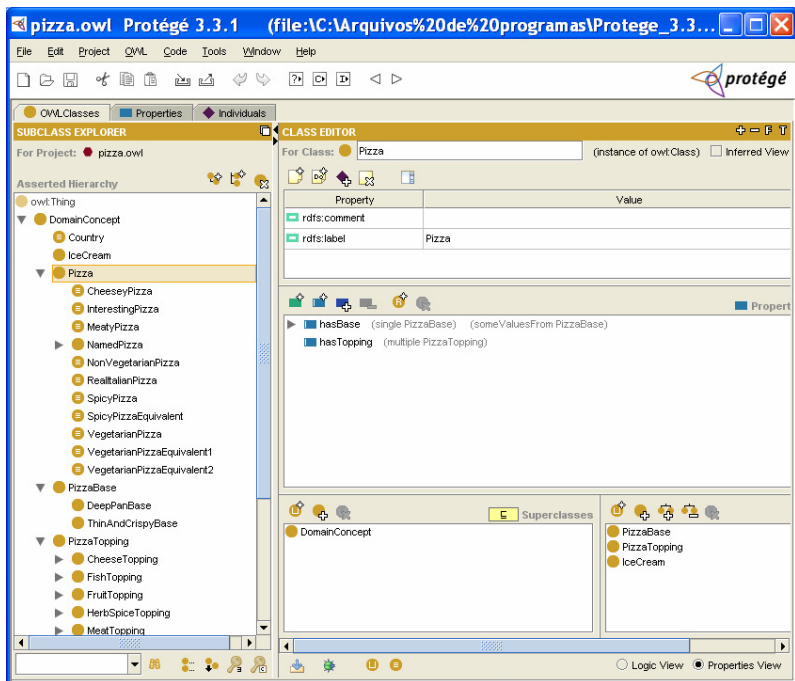


Figura 14: Ambiente Gráfico do Protégé-OWL.

3.5.3. Manipulação de ontologia

Uma vez que o conhecimento do domínio é representado em uma ontologia, aplicações são desenvolvidas para acessar, ou até mesmo, manipular esta ontologia. Para aplicações desenvolvidas na linguagem Java, a manipulação de ontologias pode ser feita por meio da API Jena, desenvolvida pela Hewlett-Packard (JENA, 2009). Assim, um documento que representa uma ontologia pode ser manipulado por uma aplicação através do Jena.

Em sua segunda versão, possui métodos para a manipulação de ontologias em DAML+OIL, RDFS e OWL disponíveis em um pacote denominado Jena 2 Ontology API. Recursos do Jena são habilitados (ou não), conforme a linguagem na qual a ontologia é representada. Além de manipular, a API Jena permite criar uma nova ontologia ou o reuso, importando diferentes tipos de documentos.

O *framework* está organizado em cinco áreas relativas ao processamento de ontologias:

- 1) processamento e manipulação de modelos RDF;
- 2) implementação da linguagem de consulta SPARQL;
- 3) processamento e manipulação de ontologias;
- 4) inferência sobre OWL e RDFS e
- 5) persistência de modelos de ontologias sobre bases de dados.

A documentação completa sobre o Jena 2 Ontology API bem como exemplos de seu uso estão disponibilizados em (JENA, 2009).

3.6. Considerações finais

Este capítulo abordou a representação de conhecimento na área da saúde. Apresentamos a técnica de ontologia com foco no desenvolvimento de sistemas terminológicos, incluindo os descritores em saúde.

Com este estudo, identificamos uma necessidade de descritores em UE adequados ao contexto brasileiro, incluindo uma linguagem informal. A indexação de documentos com a linguagem utilizada pelos especialistas em seu dia-dia permite melhorar a precisão na busca de informações.

Conforme abordado no capítulo 2, a tecnologia de computação móvel apóia a comunicação de conhecimento em qualquer hora e lugar. Enquanto profissionais buscam conhecimento no local do atendimento através de um dispositivo portátil, podem-se extrair termos usados nas consultas.

O capítulo seguinte apresenta o modelo proposto para aquisição e representação de descritores na especialidade de urgências e emergências médicas em ambientes de computação móvel.

CAPÍTULO 4 - MODELO DE RECUPERAÇÃO E COMUNICAÇÃO DO CONHECIMENTO

4.1. Introdução

A utilização de dispositivos móveis para o tratamento da informação e conhecimento pode representar um diferencial não só em termos de facilidades de alcance geográfico e temporal, mas, principalmente, em termos de apoio à tomada de decisões pelos profissionais em diversos domínios, incluindo a área de saúde.

Todavia, a complexidade inerente à utilização dos ambientes móveis é reconhecida sob vários aspectos, exemplos são as transparências de acesso e a manutenção dos enlaces às bases de informação. Problemas de ordem operacional do ambiente móvel podem levar os processos de tratamento da informação e conhecimento a um estado indesejável. Nos capítulos anteriores foi apresentado um conjunto de aspectos teóricos, esses necessários à compreensão e ao alcance do modelo proposto nesta pesquisa.

Neste capítulo apresentamos um modelo, cujo objetivo é o desenvolvimento de uma proposta para recuperação e comunicação de conhecimento nos atendimentos de emergências médicas, incluindo-se, também, o desenvolvimento de uma terminologia para o domínio.

4.2. Descrição do problema

Na acepção científica, Gil (1999) define um problema da seguinte forma: “problema é qualquer questão não solvida e que é objeto de discussão, em qualquer domínio do conhecimento”. Em outras palavras, Silva e Menezes (2001) definem problema de pesquisa como “uma questão que mostra uma situação necessitada de discussão, investigação, decisão ou solução”. As subseções seguintes apresentam os principais problemas abordados nesta pesquisa.

4.2.1. Pesquisa em bibliotecas digitais

De um modo geral, a principal razão para o armazenamento de documentos em bases de conhecimento é a sua posterior recuperação e utilização. Conforme apresentado no capítulo anterior, para melhorar a indexação de documentos na área da saúde são propostos descritores, inclusive para áreas médicas específicas, como as áreas de homeopatia e

vigilância sanitária, introduzidas no DeCS, respectivamente, em 1991 e 2005 (DeCS, 2009).

No DeCS não existe uma categoria específica para a especialidade UE, o que dificulta a indexação e recuperação de documentos em bibliotecas digitais. A seguinte pesquisa, realizada com terminologia do DeCS/MeSH na Biblioteca Virtual em Saúde (BIREME, 2009), ilustra a dificuldade na seleção de documentos. Considere que um usuário deseja obter documentos sobre queimaduras no contexto de UE. Para realizar esta pesquisa, seguimos as instruções apresentadas em (PELLIZZON, 2004), que descreve como se devem realizar consultas através de descritores.

Acessamos a BVS - Biblioteca Virtual em Saúde (BIREME, 2009) e realizamos uma pesquisa via descritores DeCS/MeSH sobre o tema queimaduras em emergências. Conforme ilustra a Figura 15(a), a consulta com o descritor “queimaduras” apontou 9.423 documentos em bibliotecas em ciências da saúde em geral, 411 em bibliotecas especializadas e 22 em bibliotecas internacionais.

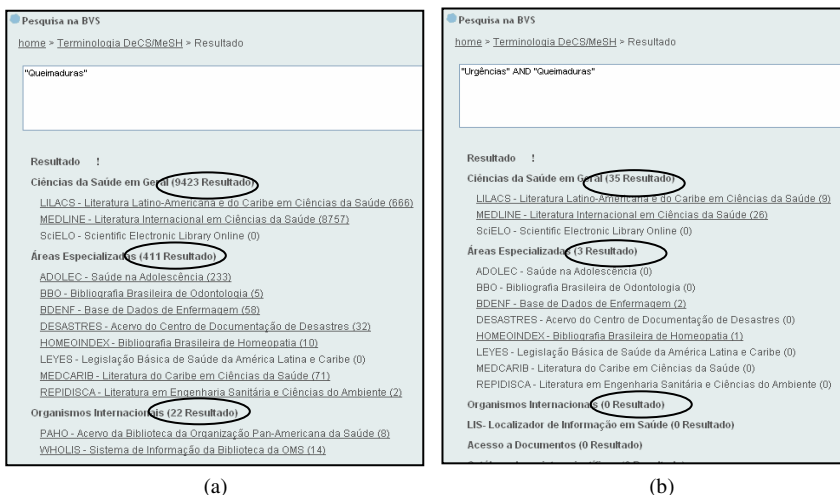


Figura 15: Exemplo de Busca na Biblioteca Virtual em Saúde.

Fonte: (BIREME, 2009).

Ao refinarmos o resultado obtido adicionando o descritor “urgências”, conforme ilustra a Figura 15 (b), esses números são reduzidos, respectivamente, para 35, 3 e 0 documentos. Assim, o resultado da busca, após o refinamento, indica que nenhuma biblioteca

internacional possui artigos que tratem o tema queimaduras no contexto de urgência. Entretanto, ao realizarmos uma análise manual dos artigos nas duas primeiras bibliotecas internacionais indicadas, PAHO e WHOLIS, encontramos vários artigos sobre o tema procurado (queimadura em emergências), conforme ilustra as figuras 16.

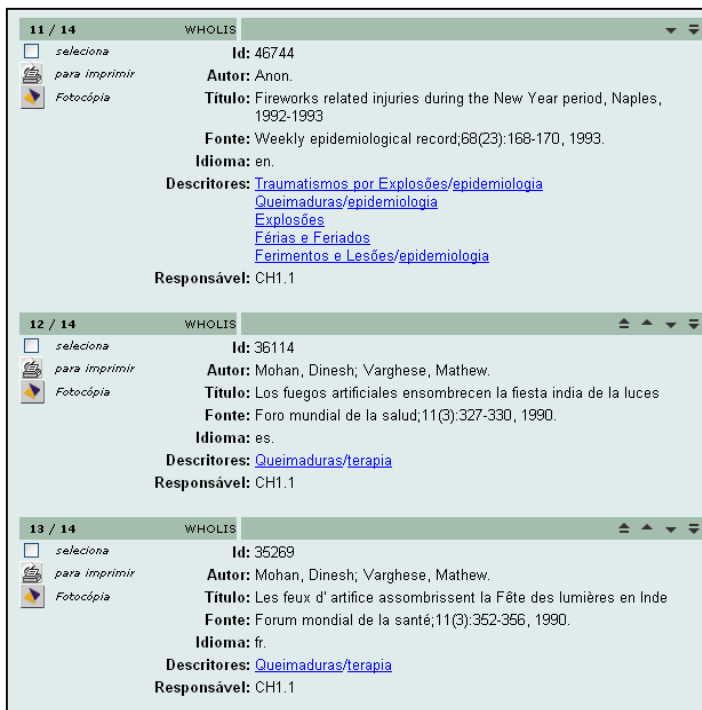


Figura 16: Exemplo de Busca na Biblioteca Virtual em Saúde.

Fonte: (BIREME, 2009).

Este exemplo de busca evidencia que, ao usarmos descritores de diferentes categorias associados, nem sempre é possível uma recuperação de documentos adequada. Portanto, para algumas áreas como UE, são necessários descritores específicos para definir um tema no contexto desejado. Isso se deve ao fato que queimadura é uma emergência no momento em que ela ocorreu, entretanto, se mesma aconteceu ha seis meses, essa não se refere mais ao contexto de emergência. Assim, se a pesquisa considerar somente o descritor “queimaduras”, irá retornar documentos que não se referem ao contexto desejado (emergências). Se refinarmos a busca usando ambos

descritores “queimadura + urgências”, vários artigos relacionados ao tema são omitidos.

Este problema também é abordado em (BARRA, 2006), onde ilustra situações em que a recuperação de artigos na área da saúde utilizando-se uma palavra-chave através da ferramenta de busca Google é maior se comparado com a utilização do descritor DeCS.

Os profissionais que atuam em UE médica normalmente não possuem tempo disponível para seleção manual de artigos referentes ao contexto desejado. Considerando-se a problemática apresentada, verificamos a necessidade do desenvolvimento de vocabulário controlado para a especialidade de UE. Para isso, um primeiro passo é a extração da terminologia usada por profissionais no domínio de emergência.

4.2.2. Indexação de bases de conhecimento no domínio de UE

A recuperação de qualquer tipo de informação durante um atendimento de emergência deve ser realizada de forma mais simples e rápida possível. Quanto mais adequados forem os termos usados para indexar os arquivos em uma base de conhecimento no domínio de UE, mais assertivos serão os resultados obtidos nas buscas.

Termos usados informalmente durante a prática das atividades dos profissionais tais como abreviações, particularidades linguísticas e regionais, normalmente não são encontradas no DeCS. Assim, se a indexação de documentos em uma base de conhecimento no domínio de UE for restrita ao DeCS, as pesquisas poderão retornar resultados incompletos.

Para exemplificar essa dificuldade, considere o cenário de um usuário executando uma consulta a uma base de conhecimento, cujos documentos estão indexados exclusivamente com descritores DeCS. Durante o atendimento de emergência, o usuário deseja recuperar documentos sobre colocação de colete. Se o usuário realizar a consulta usando um descritor, tal como “imobilização”, documentos relacionados (e devidamente indexados) poderão ser identificados e incluídos no resultado da busca. De outra forma, se o usuário utilizar termos comuns ao seu vocabulário cotidiano, tais como KED (acrônimo de Kendrick Extrication Device), colete ou retirada rápida, esta pesquisa não retorna documentos, pois esses termos não estão definidos no DeCS.

Pesquisas em bases de conhecimentos de domínios específicos, a indexação de documentos deve considerar, além do DeCS, termos extraídos da linguagem usada na prática do atendimento de emergência.

Neste contexto, surge a necessidade de se identificar na linguagem usada por profissionais os melhores termos para indexar os documentos.

Conforme Colepícolo (2008), grande parte da comunicação linguística ocorre através da fala e uma pequena parte através da escrita. A linguagem natural apresenta uma série de características que dificultam a sua transformação em uma linguagem artificial, tais como: complexidade de vocabulário, ambiguidade (sinônimos, homônimos), acrônimos (siglas), informalidade (regionalismos, gírias), dentre outros.

As técnicas de aquisição de conhecimento podem ser manuais ou baseadas em computador. Uma limitação das ferramentas de aquisição automáticas é o fato delas se limitarem a aplicações em que o conhecimento está explícito em documentos, para que possa ser explorado pelo computador. É importante também considerar a linguagem falada para se extrair terminologia relevante e significativa sobre o domínio.

Uma dificuldade ocorre já no início do processo de aquisição de conhecimento pela linguagem falada. Se o engenheiro de conhecimento não conhecer o vocabulário no domínio, ao detectar que não está sendo compreendido, o especialista passa a utilizar termos genéricos, que não são os termos que realmente expressam sua maneira natural de pensar. Adicionalmente, existem problemas inerentes do processo de interação entre pessoas, tais como (BOOSE, 1989): especialistas podem estar inseguros com a tarefa; receio de perder o emprego; podem não desejar expor seus pensamentos, não ter tempo disponível, dentre outros. Essas dificuldades são maiores ainda no ambiente de urgências médicas, onde os profissionais são pessoas muito ocupadas e atuam num ambiente complexo, tenso e sob stress.

4.2.3. Incerteza e capacitação profissional

Profissionais que atuam em UE tomam decisões clínicas sob estresse, limitações de tempo e diretamente no ponto de atendimento. Para Vasconcelos *et al.* (2006), erros médicos normalmente acontecem em situações de emergências, independente da qualidade do serviço de saúde em questão. Estão documentados na literatura (BRAUN *et al.* 2006) casos de emergência médica, em que são administrados medicamentos incorretamente aos pacientes.

No estado de São Paulo, num exame aplicado em recém-formados pelo Cremesp (Conselho Regional de Medicina do Estado de São Paulo), 76% dos formandos em medicina erraram questão básica de

emergência (YAMAMOTO, 2009). Segundo Yamamoto (2009), se uma criança chegasse a um pronto-socorro com traumatismo, suas chances de ser atendida por um profissional que não está totalmente seguro sobre o que fazer são de 76%.

Conforme Ribeiro (2004), a incerteza encontra-se presente em todos os níveis da prática médica. Estima-se que um médico atuando na prática clínica é submetido, em média, a duas ou três dúvidas por dia. Nobre *et al.* (2003) destacam que as dúvidas sobre quais os procedimentos mais indicados existem em todas as fases da vida profissional do médico. Quando recém-formado atribui-se a insegurança a esta fase da vida profissional, que deve desaparecer à medida que se acumula experiência. Porém, mais tarde o profissional percebe que parte destas dúvidas permanece, apesar da experiência acumulada.

O atendimento de UE médicas constitui-se num desafio para seus profissionais, pois exige conhecimento de diversas especialidades e habilidades específicas para a abordagem dos pacientes. Em atendimentos de emergência, para cada situação específica existem variações no diagnóstico e na terapêutica de acordo com a idade, sexo e condições ou doenças pré-existentes (MANICA et al., 2008b).

A área de conhecimento em UE em muitos países, como a França, Inglaterra, Canadá e Estados Unidos é consolidada com conhecimentos consensuais sobre os procedimentos padronizados, publicados e compartilhados entre os profissionais da área, muitas vezes disponibilizados em manuais de bolso (DORAN et al., 2007).

No Brasil, as informações e protocolos nesta área são fragmentados, havendo poucos consensos, rotinas ou protocolos nacionais. Rotina é o termo usado na área médica para designar procedimentos e técnicas padronizadas que orientam os profissionais no atendimento de pacientes. Tais diretrizes são desenvolvidas a partir de um consenso e retratam as melhores práticas dos especialistas da área. Iniciativas do Ministério da Saúde como a criação do Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU-192) e de Núcleos de Educação em Urgência (NEUs) incentivam o surgimento de consensos na área de emergência no Brasil. Conforme (NEU-SC, 2009), a capacitação contínua dos profissionais é considerada um componente essencial para proporcionar a legitimação e a efetividade dos atendimentos.

Os NEUs se constituem em uma estrutura formalizada para executar a capacitação, a habilitação e a educação continuada dos recursos humanos em urgências. A inserção do profissional habilitado designa a construção de uma rede de assistência integrada, hierarquizada

e regulada, obtendo-se assim a excelência da qualidade da assistência prestada à comunidade (NEU-SC, 2009).

No *website* do NEU (NEU-SC, 2009), os documentos disponibilizados para apoiar as atividades dos profissionais e a tomada de decisão não são utilizados no momento em que ocorre o atendimento de emergência.

A realização de treinamentos envolve diferentes tipos de esforços, tanto humanos como financeiros. Portanto, é necessário identificar quais treinamentos são mais relevantes e indicados a um grupo de profissionais. Para promover treinamentos mais pontuais às necessidades dos profissionais, é preciso que os gestores saibam suas reais dificuldades durante a prática diária dos atendimentos.

A pesquisa de Nobre *et al.* (2003), realizada na Associação Médica Brasileira, aponta a dificuldade nos profissionais em admitir e reconhecer as suas próprias dúvidas no atendimento ao paciente. A pesquisa relata que entre os motivos para essa dificuldade estão o medo de se expor, falta de experiência, arrogância e prepotência.

4.2.4. Dispositivos portáteis em emergência

Diferente das consultas médicas realizadas em clínicas e hospitais, o atendimento de emergência normalmente não possui um local adequado, e pode ocorrer em situações bastante adversas como em tumultos, mau tempo e até mesmo em situações de risco para a equipe de atendimento e pacientes. Nesse ambiente, sistemas de suporte às decisões clínicas são raramente adotados, devido às características do ambiente de trabalho em emergência, onde os profissionais atuam sob pressão e limitações de tempo e recursos (MICHALOWSKI et al. 2005).

O uso de sistemas computacionais para apoiar a decisão não deve introduzir quaisquer alterações na rotina clínica ou em procedimentos bem estabelecidos (ANDERSON, 1997). Os profissionais não podem ser forçados a abandonar os doentes para consultar um sistema executado em um computador remoto. Se isso ocorrer, o sistema será rejeitado, apesar da sua funcionalidade.

Exemplos de situações específicas em que a disponibilidade de informação irá auxiliar o médico no atendimento são (MANICA et al., 2008b): em uma crise convulsiva em crianças, a dose recomendada do medicamento é dada conforme seu peso; já no caso da paciente atendida ser uma gestante, existem medicações específicas indicadas e contra-indicadas; nas intoxicações exógenas existem diferentes terapêuticas para cada substância tóxica envolvida. Nessas situações, não é

interessante que as informações estejam disponíveis, por exemplo, em um microcomputador localizado fisicamente distante do paciente, já que nem sempre o atendimento ocorre dentro do hospital ou do veículo (USA – Unidade de Suporte Avançado). Alguns profissionais levam consigo anotações pessoais ou manuais de terapêutica para consulta em um PDA (Personal Digital Assistant) particular, entretanto, nestes casos as condutas são individualizadas e sem consenso sobre o atendimento (MANICA et al., 2008b).

Com a evolução da tecnologia de computação móvel (CM) e a crescente informatização em ambientes clínicos e hospitalares, o uso de dispositivos portáteis surge como uma solução promissora para apoiar as atividades de profissionais. Com equipamentos portáteis, os usuários usam aplicações locais ou se comunicam com servidores de dados por meio de comunicação sem fio.

Apesar da sua popularidade em outras áreas, dispositivos portáteis são menos utilizados em emergência médica. Existem poucas pesquisas na literatura que demonstram aplicações reais e bem sucedidas neste domínio (MICHALOWSKI, 2005). As aplicações computacionais tradicionais usadas nos consultórios médicos não são adequadas para ambientes instáveis e móveis como o de urgência médica.

O ambiente de CM introduz alguns fatores limitantes. Dispositivos portáteis possuem capacidade de processamento limitada em comparação com sistemas *desktop*. Outra limitação refere-se ao consumo de bateria, quanto maior a comunicação com o servidor, maior o consumo de bateria.

A falta de bateria de um equipamento ou acesso à rede sem fio pode dificultar a comunicação entre os profissionais ou o acesso à informação para tomada de decisão. A rede sem fio possui largura de banda reduzida e também é vulnerável a desconexões. Além disso, o acesso à rede nem sempre pode ser garantido dentro ou fora dos hospitais. Mesmo no interior de um hospital, existem áreas sem sinal de rede devido a questões de segurança e possíveis interferências com outros equipamentos médicos.

4.3. Modelo proposto

Nesta seção, apresentamos o desenvolvimento do modelo proposto para recuperação e comunicação de conhecimento em atendimentos de emergências, incluindo a identificação de conhecimento sobre a terminologia usada pelos especialistas durante a prática de suas atividades.

Conforme ilustra a Figura 17, a explicitação do conhecimento (NONAKA; TAKEUSHI, 1997) ocorre quando um grupo de especialistas externalizam conhecimento consensual em documentos na forma de texto (artigos, relatórios técnicos, manuais, protocolos, dentre outros). Uma vez externalizado, o conhecimento pode ser transferido e incorporado por outros profissionais sempre que necessário.

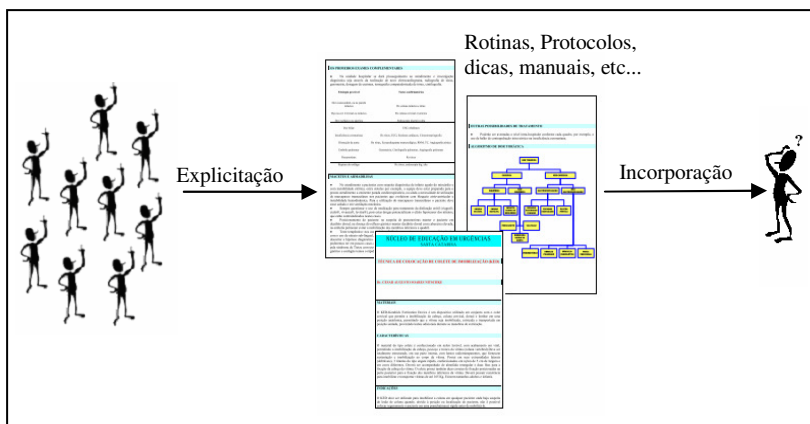


Figura 17: Incorporação de conhecimento explícito.

Observamos que no contexto de UE, grande parte da necessidade de informação para tomada de decisão, bem como a incorporação de conhecimento (“aprender fazendo”), ocorre durante os atendimentos emergenciais. Nesse momento, surgem as dúvidas e a necessidade de apoio para o especialista decidir pelas melhores condutas, que devem seguir as normas e padrões de atendimento previamente definidos pela organização de saúde.

Conforme a problemática exposta na seção 4.1, a forma como o conhecimento é recuperado e compartilhado deve ser apropriada ao cenário do atendimento de urgência. Nesta tese, propomos o uso de dispositivos portáteis para apoiar a decisão e capturar termos usados por profissionais no momento em que eles estão atuando, de forma que não interfira em suas atividades. Conforme apresentado no capítulo 2, o uso de dispositivos móveis pelos profissionais e estudantes na área de saúde tem crescido substancialmente ao longo dos últimos anos, o que incentiva a proposta de soluções apoiada por esta tecnologia.

A transferência de informação associada às emoções e ao contexto específico em que as experiências são aplicadas produz

conhecimentos interessantes, tais como a identificação dos termos usados pelos profissionais durante a prática clínica.

A Figura 18 relaciona a explicitação e incorporação do conhecimento com base no ciclo de conhecimento de Nonaka e Takeushi (1997), introduzido anteriormente na seção 3.1.

Após o processo de socialização, o conhecimento é explícito em documentos (rotinas, manuais, dentre outros). A internalização ocorre com a incorporação do conhecimento no momento em que os especialistas consultam os documentos para sanar suas dúvidas. A combinação ocorre quando o conhecimento é incorporado na ontologia.

Uma vez externalizado, o profissional pode acessá-lo por meio de uma aplicação de busca por palavra-chave no dispositivo móvel, que acompanha a mobilidade dos profissionais em emergência. De forma transparente ao usuário, essa palavra chave é analisada, junto ao DeCS, para verificar se a mesma contribui com a incorporação de conhecimento sobre terminologia usada em UE.

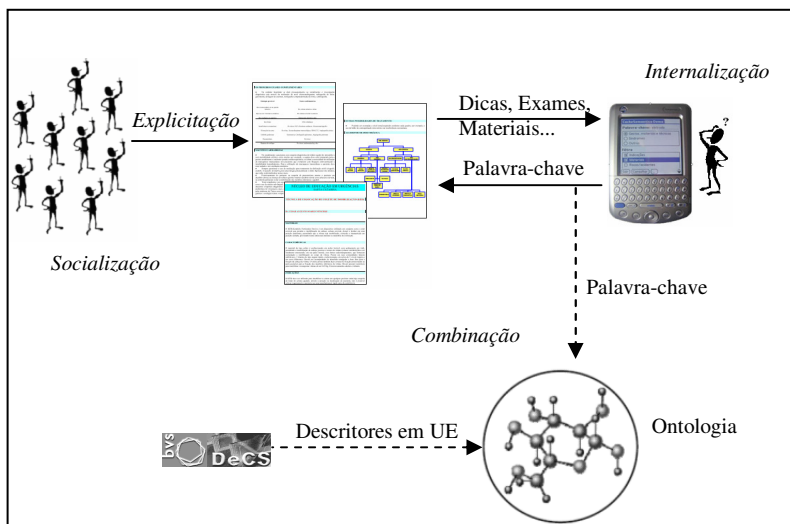


Figura 18: Incorporação de Conhecimento sobre terminologia em UE.

A Figura 19 ilustra o diagrama UML (*Unified Modeling Language*) que apresenta algumas sequências do modelo proposto em linguagem de alto nível. No dispositivo móvel, o aplicativo de busca possibilita que o especialista realize pesquisas por palavras-chave. Ao receber uma consulta, é verificado se a resposta completa ou parcial

pode ser obtida em *cache*. No caso do *cache* local não responder completamente a consulta, a restante é encaminhada ao servidor (por exemplo, servidor do núcleo de educação em urgências- NEU). Neste, estão os documentos e a ontologia *lightweight* no domínio.

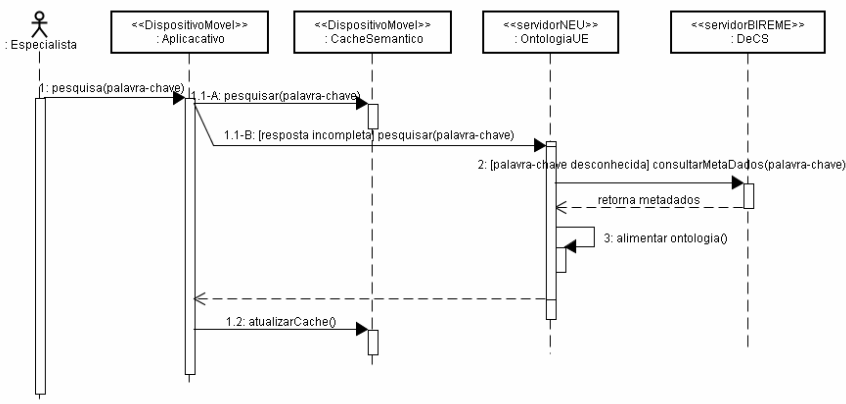


Figura 19: Diagrama de sequência UML: introdução ao modelo proposto.

Se a palavra-chave usada na consulta for desconhecida na ontologia (OntologiaUE), de forma transparente ao usuário, o servidor encaminha uma consulta ao descritor em saúde DeCS (DeCS, 2009) para obter mais informações sobre o termo utilizado pelo especialista. Em outras palavras, o DeCS é consultado com o objetivo de verificar se a palavra-chave usada pelo especialista é um descritor (ou sinônimo de algum descritor). Em caso positivo, o mesmo e seus metadados (por exemplo, seu sinônimo) são inseridos na ontologia de domínio. Havendo documentos relacionados, o módulo do aplicativo no servidor os envia para o dispositivo móvel e o *cache* é atualizado.

Para ilustrar esse processo, considere o seguinte exemplo. Assuma que a ontologia possui rotinas médicas indexadas com o termo eletrocardiografia. O especialista solicita uma busca por documentos usando a palavra-chave EKG. O aplicativo não encontra nada em *cache*, então realiza a consulta no servidor, onde também o resultado negativo se repete. Neste caso, o DeCS é consultado, e conforme ilustra a Figura 20, verifica-se que o termo EKG, usado pelo especialista, é sinônimo de eletrocardiografia e de ECG. De forma transparente ao usuário, a ontologia é atualizada com os novos sinônimos para o termo eletrocardiografia, a pesquisa é reiniciada com a nova palavra-chave EKG, e a resposta é apresentada ao usuário.

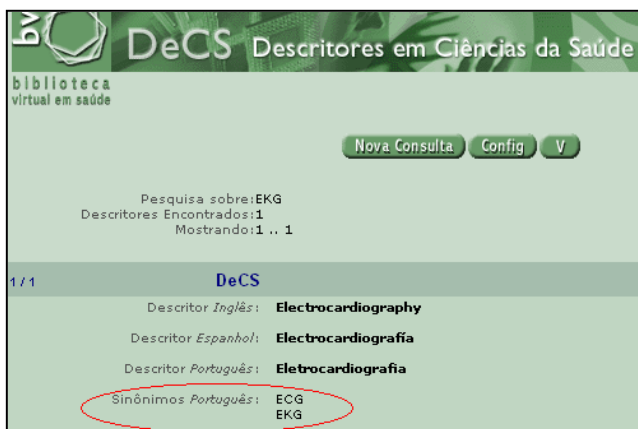


Figura 20: Exemplo de consulta ao DeCS.

No caso do termo não ser encontrado no DeCS, a palavra-chave passa ser considerada uma candidata a fazer parte do léxico e também é inserida na ontologia, porém em uma classe temporária. Conforme (BARRA, 2006), para uma palavra-chave tornar-se um descritor ela tem que passar por um controle de sinônimos, significado e importância na árvore de um determinado assunto. Portanto, consideramos que um novo termo deverá ser avaliado por especialistas no domínio, antes de sua inserção na ontologia.

4.3.1. Possível cenário de aplicação

O SAMU é um serviço do SUS (Sistema Único de Saúde) que atende urgências de natureza traumática, clínica, pediátrica e neonatal, cirúrgicas, gestacionais e de saúde mental. A estruturação de uma central reguladora da atenção às urgências possui basicamente os seguintes componentes: pacientes e profissionais de saúde; hospitais credenciados e unidades móveis. É suportado por uma central de chamadas que executa a triagem inicial e, se a ocorrência é pertinente, a ligação é transferida para um médico regulador prosseguir o atendimento.

Com base nos protocolos da unidade de emergência, o médico regulador classifica e avalia a gravidade de cada caso e decide pela melhor conduta: enviar unidades de suporte básico ou avançado, acionar bombeiros e a defesa civil, dentre outras. No caso da unidade móvel

avançada, usada em atendimentos mais graves, um médico encontra-se entre a equipe. A tomada de decisão de profissionais que atuam no SAMU deve ser baseada nas rotinas de atendimento.

Ao chegar no local, a equipe realiza a avaliação inicial do paciente e reporta ao médico regulador na central todas as informações obtidas. O médico regulador subsidia a decisão médica sobre intervenções possíveis de serem realizadas e indica o serviço de saúde mais adequado à resolução do problema, seguindo a grade hierarquizada e regionalizada. Finalmente, ocorre o transporte ao serviço de saúde indicado pelo médico regulador e, com a passagem do caso à equipe do serviço receptor, ocorre o encerramento do caso junto à central do SAMU.

Em sistemas de emergência, a disponibilidade de informações e comunicação entre a equipe é crucial para a qualidade no atendimento dos pacientes, pois auxilia a equipe de resgate na tomada de decisão e agiliza o atendimento.

O modelo proposto nesta tese possibilita a recuperação de informação sobre os protocolos e rotinas médicas sempre que surgir uma dúvida sobre a melhor conduta. Possíveis momentos para a utilização do modelo proposto são:

- enquanto a ambulância se dirige ao local do atendimento, a equipe pode consultar procedimentos sobre o tipo de atendimento, revisar técnicas, verificar materiais que serão utilizados, dentre outras informações relevantes sobre os procedimentos que deverão ser realizados;
- durante um atendimento, ao surgir uma dúvida, algum membro da equipe pode consultar rotinas, materiais e técnicas;
- na central de regulação, o médico regulador pode realizar consultas para auxiliar a equipe de resgate;
- durante treinamentos e simulações, o acesso a informação auxilia no aprendizado.

4.3.2. Desenvolvimento da ontologia

A modelagem da ontologia foi apoiada por especialistas da área de emergência e em documentos disponibilizados no site do Núcleo de Educação em Urgências do estado de Santa Catarina (NEU-SC, 2009).

Para o desenvolvimento da proposta introduzida na seção anterior, projetamos uma ontologia para representação e indexação

inicial de documentos (MANICA et al. 2009c). Este modelo é proposto como uma estrutura básica necessária para desencadear o processo de recuperação e comunicação de conhecimento, que inclui o desenvolvimento da terminologia no domínio de UE.

Na literatura são apresentadas várias metodologias para desenvolvimento e manutenção de ontologias (JONES et al. 1998). Entretanto, conforme Fernandez-López e Gómez-Pérez (2002) destacam, não há uma metodologia completamente madura para o propósito de construção de ontologias. Segundo os autores, em cada metodologia, algumas atividades são privilegiadas e outras são desconsideradas.

O processo de construção de ontologia empregado nessa tese foi baseado na Metodologia 101 (NOY; MCGUINNESS, 2001). Sucintamente, as principais etapas definidas nesta metodologia são: a partir da definição do escopo da ontologia, considera-se o reuso de outras ontologias; enumeram-se os termos da ontologia; definem-se as classes, definem-se as propriedades (relações e dados primitivos das classes); definem-se as restrições das classes; criam-se as instâncias da ontologia; valoram-se as propriedades e relações de cada instância; e finalmente, testa-se a ontologia perante as questões de competência.

Para implementação da ontologia, utilizamos a plataforma Protégé-OWL (PROTÉGÉ, 2009). O Protégé é uma ferramenta de código aberto, desenvolvida pelo centro de pesquisa de informática biomédica da Universidade de Stanford, para apoiar a modelagem e implementação de ontologias.

4.3.2.1. Definição do escopo da ontologia

Conforme (HALPERN, 2004), diferentes serviços de emergências médicas podem implicar na implementação de soluções diferentes para os mesmos problemas. Para a estruturação da ontologia, consideramos o modelo de urgência e emergência móvel brasileiro. A ontologia foi elaborada considerando o Serviço de Atendimento Móvel em Urgências (SAMU) no estado de Santa Catarina (SAMU-SC, 2009). Entretanto, esta pode ser adaptada a outros serviços de urgência médica, alterando sua estrutura da ontologia, conforme o modelo do serviço de emergência em questão.

A ontologia proposta, classificada como *lightweight*, aborda conceitos relacionados à organização, indexação e recuperação de documentos, considerando as necessidades do sistema de busca. Seguindo o processo de construção de ontologias, o próximo passo foi

enumerar as questões de competência que a ontologia deve responder. Dentre outras, algumas questões de competência identificadas são:

- a) Quais as rotinas (síndromes/gestos e técnicas) relacionadas com o termo “x”?
- b) Quais os documentos relacionados com o termo “x”?
- c) Quais os novos termos candidatos a descritor identificados?
- d) Quantas vezes um novo termo candidato “x” foi usado pelos especialistas como palavra-chave nas consultas?
- e) Quais os documentos (síndromes/gestos e técnicas) mais pesquisados?

As duas primeiras questões de competência (a, b) visam mapear o relacionamento das rotinas, documentos e os itens léxicos (termos) da ontologia. As três questões seguintes (c, d, e), relacionadas a novos termos, indicam o desenvolvimento do conhecimento sobre o vocabulário médico em UE. A última questão (e) é importante para identificar os documentos mais consultados pelos especialistas. Essa informação pode destacar a necessidade de treinamentos em uma determinada área. Por exemplo, se o documento relacionado à “colocação de colete” está sendo muito consultado, pode indicar uma dúvida dos especialistas sobre tal técnica.

Conforme introduzido anteriormente, no Brasil, não existe uma ontologia específica sobre vocabulário médico na área de emergências médicas. Existem descritores sobre UE espalhados entre várias especialidades no DeCS. Levando em conta a importância e grande utilização do DeCS na indexação de documentos na área da saúde, consideramos o reuso dos descritores relacionados ao domínio de UE. Esses descritores são identificados e instanciados na ontologia conforme a utilização do modelo proposto.

4.3.2.2. Enumeração dos termos, definição de classes, propriedades

Definido o escopo e questões de competência, o próximo passo na construção da ontologia foi o levantamento dos termos e a categorização destes termos em classes e suas propriedades. Durante o estudo, foram realizadas atividades de visita ao SAMU nas cidades de Florianópolis-SC e Maringá-PR, buscando conhecer o serviço de emergência. Na data da modelagem da ontologia, a capacitação contínua dos profissionais era realizada pelo Núcleo de Educação em Urgências do estado de Santa Catarina (NEU-SC, 2009). O NEU de Santa Catarina mantém um *website* (NEU-SC, 2009) com informações sobre rotinas de

regulação, rotinas de atendimento de urgências, manuais, consensos, entre outras informações para apoiar os profissionais.

As rotinas usadas no SAMU-SC são obtidas a partir das atividades diárias e das experiências obtidas pelos serviços de atendimento de urgências no Brasil e no mundo e de fóruns de discussão entre especialistas (SAMU-SC).

Para a elaboração das rotinas no SAMU, os autores devem seguir um modelo (ou roteiro), que descreve a estrutura obrigatória das rotinas, tais como normas para publicação, formatação, tópicos, dentre outros.

Basicamente, as rotinas podem ser organizadas em dois grupos: 1) grandes síndromes e 2) gestos e técnicas. As rotinas relacionadas a grandes síndromes abordam os tópicos apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Conceitos abordados em rotinas do tipo grandes síndromes.

| Tópico | Descrição |
|-------------------------|---|
| Grau de urgência | Classificação da emergência. |
| Dicas | Destaca o que é importante atentar para o caso e descreve as instruções relevantes. |
| O que levar | Descreve os equipamentos, medicamentos, dentre outros materiais que devem estar disponíveis para utilização. |
| Confirmação clínica | Descreve quais sintomas e sinais que devem ser investigados. |
| Protocolo de tratamento | Descreve o protocolo que a equipe deve seguir para o atendimento no domicílio, no SAMU e no hospital. |
| Exames | Indica os primeiros e principais exames para a confirmação diagnóstica. |
| Macetes e armadilhas | Apresenta as principais dicas em relação ao atendimento, cuidados, uso de equipamentos, reações adversas e inesperadas. |
| Outros tratamentos | Indica outras possibilidades de tratamento, drogas e abordagens alternativas. |
| Bibliografia | Referências bibliográficas. |

As rotinas relacionadas a gestos, materiais e técnicas, explicam a função de um determinado material ou equipamento bem como a descrição detalhada de suas características.

Existe também um roteiro para as rotinas do tipo “Materiais”, que devem apresentar a função e características (descrição técnica detalhada) de um determinado material. As rotinas relacionadas a gestos e técnicas incluem os tópicos apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Conceitos abordados em rotinas do tipo gestos e técnicas.

| Tópico | Descrição |
|----------------------|---|
| Materiais e produtos | Descreve os materiais e produtos utilizados na aplicação de uma determinada técnica. |
| Indicações | Apresenta uma explicação sobre a técnica ou gesto e alerta sobre contra-indicações em seu uso. |
| Técnica | Apresenta passo-a-passo a aplicação da técnica. |
| Riscos e Acidentes | Descreve os riscos e acidentes previsíveis com a utilização de uma determinada técnica e as medidas a serem tomadas nestas situações. |
| Referências | Referências bibliográficas. |

Com base na análise de documentos, entrevistas e reuniões com especialistas, definimos os principais conceitos necessários para a ontologia. A Figura 21 ilustra as classes identificadas e a Tabela 3 apresenta suas respectivas descrições.

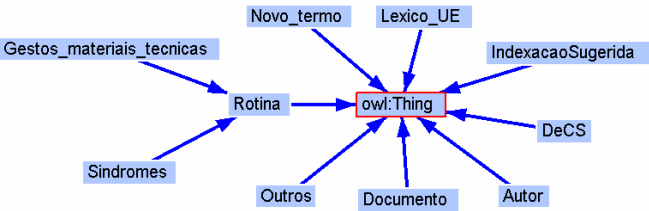


Figura 21: Hierarquia de classes.

Tabela 3: Identificação das classes

| Classe | Descrição |
|---------------------------|---|
| Documento | Classe que representa todos os documentos em seus diversos formatos. |
| Autor | Classe que representa os autores dos documentos. |
| Rotina | Classe que representa as rotinas de atendimento de UE. |
| Gestos_materiais_tecnicas | Sub-classe de Rotina, que representa as rotinas do tipo gestos, materiais ou técnicas. |
| Sindromes | Sub-classe de Rotina, que representa as rotinas do tipo classe Síndromes. |
| Outros | Classe que representa outras referências, que não se enquadrem em Rotinas, que podem ser úteis no atendimento de emergências. |
| Lexico_UE | Classe que representa as palavras (termos) relacionadas ao domínio de UE |
| Novo_termo | Classe que representa os novos termos identificados nas consultas, que não foram avaliadas pelos especialistas. São os termos candidatos a serem incluídos (manualmente por especialistas) na classe Lexico_UE. |

| | |
|-------------------|---|
| DeCS | Classe que simula o descritor em saúde DeCS. |
| IndexaçãoSugerida | Classe que registra os termos usados nas tentativas de recuperação de documentos sem sucesso. Essa classe armazena conhecimento sobre os termos que estão sendo solicitados, porém não estão associados a nenhum documento. |

Segundo o serviço de apoio ao usuário do DeCS, recentemente foi desenvolvida uma versão eletrônica do vocabulário, distribuída gratuitamente mediante requerimento à [BIREME 2009]. Devido à solicitação realizada não ter sido atendida até o momento em que esta tese foi desenvolvida, a etapa de verificação no vocabulário do DeCS foi simulada com uma classe denominada DeCS. Como trabalho futuro, pretende-se substituir esta classe pelo uso do descritor em saúde digitalizado.

Depois de definidas as classes, identificamos as propriedades e relações das classes, apresentadas na Tabela 4. As propriedades de objetos (*Object Properties*), criam relações entre indivíduos das classes, enquanto as propriedades de dados (*Datatype Properties*) criam relações entre os indivíduos e tipos de dados.

Tabela 4: Identificação das propriedades e relacionamentos.

| Propriedades | Tipo | Descrição |
|---------------------|--------|---|
| tem_autor | object | Cria relação entre indivíduos da classe Documento e a classe Autor. |
| doc_e_usado_em | object | Cria relação entre indivíduos da classe Documento e as classes Rotina e Outros. |
| tem_palavras_chaves | object | Cria relação entre indivíduos da classe Rotina e Outros com a classe Lexico_UE. |
| dicas | object | Cria relação entre indivíduos da classe Síndrome e a classe Documento. |
| o_que_levar | object | Cria relação entre indivíduos da classe Síndrome e a classe Documento. |
| confirmacao_clinica | object | Cria relação entre indivíduos da classe Síndrome e a classe Documento. |
| tratamento | object | Cria relação entre indivíduos da classe Síndrome e a classe Documento. |
| grau_urgencia | object | Cria relação entre indivíduos da classe Síndrome e a classe Documento. |
| exame | object | Cria relação entre indivíduos da classe Síndrome e a classe Documento. |
| outros_tratamentos | object | Cria relação entre indivíduos da classe Síndrome e a classe Documento. |
| macetes_armadilhas | object | Cria relação entre indivíduos da classe Síndrome e a classe Documento. |

| | | |
|-----------------------|----------|---|
| tem_doc | object | Cria relação entre indivíduos da classe Outros e a classe Documento |
| riscos_acidentes | object | Cria relação entre indivíduos da classe Gestos_materiais_tecnicas e a classe Documento. |
| indicacoes | object | Cria relação entre indivíduos da classe Gestos_materiais_tecnicas e a classe Documento. |
| tecnicas | object | Cria relação entre indivíduos da classe Gestos_materiais_tecnicas e a classe Documento. |
| materiais | object | Cria relação entre indivíduos da classe Gestos_materiais_tecnicas e a classe Documento. |
| tem_palavras_chaves | object | Cria relação entre indivíduos da classe Rotina ou Outros com a classe Léxico. |
| tipo_consulta | datatype | Cria relações entre os indivíduos da classe Novo_termo e o tipo de dado string. |
| doc_tem_colaborador | datatype | Cria relações entre os indivíduos da classe Documento e o tipo de dado string. |
| doc_tem_tipo | datatype | Cria relações entre os indivíduos da classe Documento e o tipo de dado string. |
| doc_tem_classificacao | datatype | Cria relações entre os indivíduos da classe Documento e o tipo de dado string. |
| doc_tem_tamanho | datatype | Cria relações entre os indivíduos da classe Documento e o tipo de dado string. |
| tem_nome | datatype | Cria relações entre os indivíduos das classes Documento, Rotina, Outros, Novo_termo, Autores e o tipo de dado string. |
| tem_cont | datatype | Cria relações entre os indivíduos das classes Documento, Novo_termo e o tipo de dado inteiro (int). |
| filtro_utilizado | datatype | Cria relações entre os indivíduos da classe Novo_termo e o tipo de dado string. |
| tem_descricao | datatype | Cria relações entre os indivíduos das classes Autor com o tipo de dado string. |
| tem_fonte | datatype | Cria relações entre os indivíduos da classe Lexico_UE com o tipo de dado string. |
| tem_sinonimo | datatype | Cria relações entre os indivíduos das classes DeCS e Lexico_UE com o tipo de dado string. |
| tem_termo | datatype | Cria relações entre os indivíduos da classe Lexico_UE com o tipo de dado string. |
| tem_definicao | datatype | Cria relações entre os indivíduos das classes DeCS e Lexico_UE com o tipo de dado string. |
| tem_descritor | datatype | Cria relações entre os indivíduos da classe DeCS com o tipo de dado string. |

| | | |
|-------------|----------|--|
| Frequencia | int | Cria relações entre os indivíduos da classe IndexacaoSugerida com o tipo de dado int. |
| termo_usado | datatype | Cria relações entre os indivíduos da classe IndexacaoSugerida com o tipo de dado string. |
| Tipo | datatype | Cria relações entre os indivíduos da classe IndexacaoSugerida com o tipo de dado string. |

A Figura 22 ilustra as classes e algumas propriedades e relacionamentos. Para uma melhor visualização, ilustramos separadamente na Figura 23 as propriedades que relacionam as sub-classes Síndromes e Gestos_materiais_tecnicas com a classe documentos.

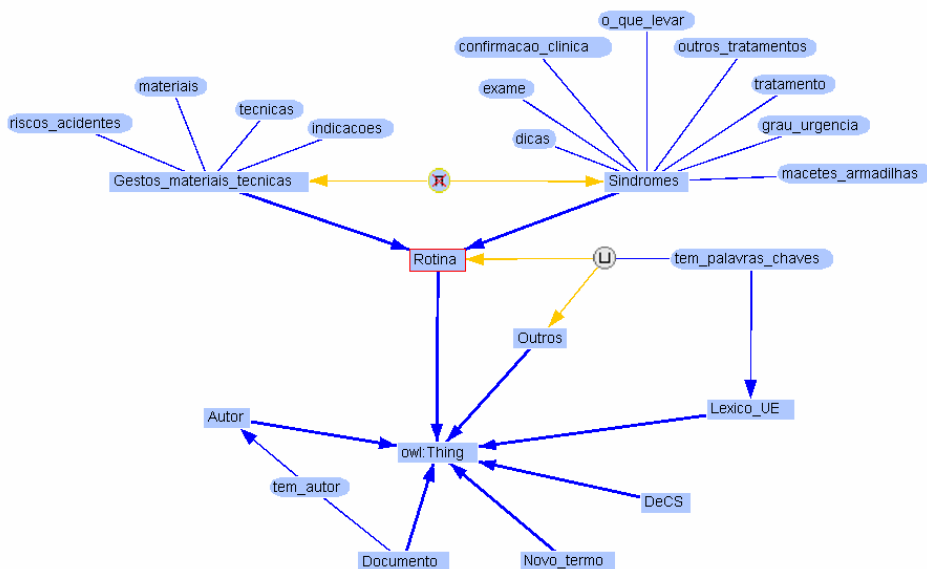


Figura 22: Principais relacionamentos entre as classes.

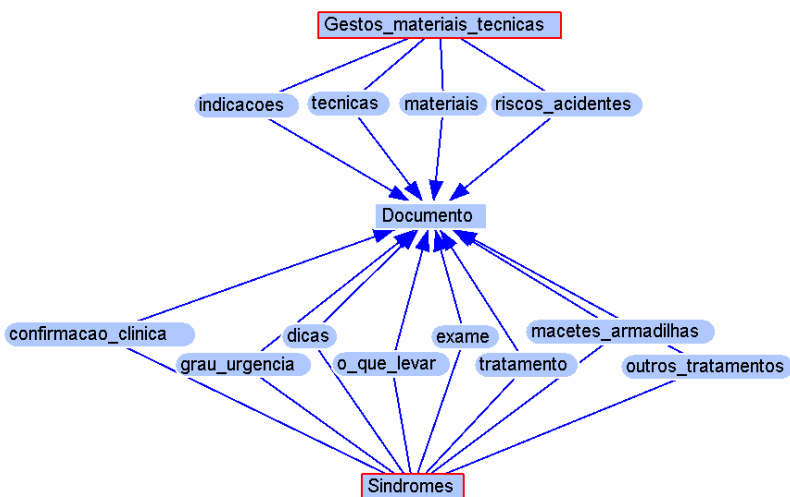


Figura 23: Relacionamentos entre as classes Documento e Rotina.

4.3.2.3. Instanciação e verificação da ontologia

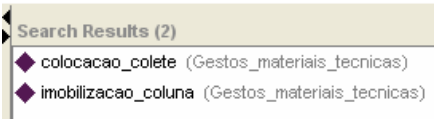
O desenvolvimento da ontologia envolve além da definição de conceitos e seus relacionamentos, a representação do conhecimento sobre os símbolos que são usados para se referir a eles. População (ou instanciação) de ontologia refere-se à adição de novas instâncias aos conceitos ontológicos.

Uma vez organizadas as classes e propriedades, inserimos manualmente na ontologia vários indivíduos (isto é, instâncias) com o objetivo de avaliar as questões de competência. A Figura 24 ilustra exemplos de respostas de consultas realizadas na ferramenta Protégé.

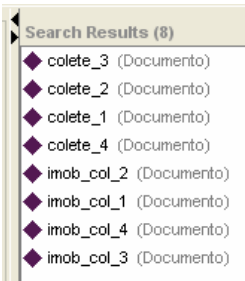
Existem técnicas propostas na literatura (VALARAKOS, 2004) para população automática da ontologia. Porém, sempre se faz necessário uma revisão final por um especialista. Essas técnicas são normalmente usadas quando a fonte de conhecimento são documentos de texto ou conteúdo da *Web*. Para Valarakos (2004), o processo de definição e instanciação da ontologia é denominado marcação do conhecimento (ou população da ontologia). Conforme o autor, denomina-se aprendizado da ontologia quando há suporte (semi) automático nas atividades de aquisição de conhecimento e desenvolvimento da ontologia. A extração de termos e seus sinônimos é

um pré-requisito para o desenvolvimento de aprendizagem automática (VALARAKOS, 2004).

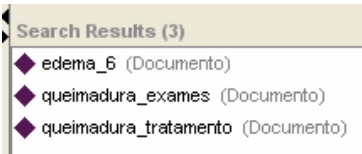
a) Quais as rotinas relacionadas com a palavra-chave “Ked”?



b) Quais os documentos relacionados com a palavra-chave “Ked”?



c) Quais os novos termos candidatos a descritor usados pelo especialista?



d) Quais os documentos pesquisados mais que 20 vezes?



Figura 24: Exemplos de consultas no Protégé (PROTÉGÉ, 2009).

Conforme Loos (2006), o processo de população e aprendizado da ontologia pode ser dividido em três tarefas principais: A primeira tarefa é a extração de informações (termos que constituem um domínio) relevantes a partir de textos. A segunda é o mapeamento da informação

encontrada com os conceitos e instâncias correspondentes na ontologia. A terceira é a integração das informações descobertas na ontologia.

Os objetos do mundo real são dinâmicos, portanto, depois de criada a ontologia, a mesma deve ser atualizada constantemente. Esta tese não adota técnica de instanciamento completamente automática devido ao fato de grande parte do conhecimento expresso na ontologia ser obtido de fonte humana. Propomos a instanciamento automática da classe Lexico_UE, desde que o termo a ser instanciado tenha sido encontrado no DeCS. A seção seguinte descreve o processo de identificação e instanciamento de novos termos usados na prática por profissionais no domínio de UE.

4.3.3. Indexação e recuperação de documentos

A técnica de indexação automática é baseada unicamente em termos presentes no documento. Desta forma, as palavras que representam um documento são extraídas do mesmo, sendo provenientes da linguagem escrita. Neste tipo de indexação, podem ser retornados documentos que contêm as palavras fornecidas, mas que se referem a outro assunto, devido à possibilidade destas terem vários significados diferentes. Também poderão deixar de ser recuperados documentos relevantes para o assunto escolhido, justamente porque não possuem os termos fornecidos (LOH et al., 1999). Abreviações, particularidades linguísticas e gírias regionais são exemplos de termos que normalmente não são encontrados no texto dos documentos. Se um usuário usar esses termos, naturais de sua linguagem falada, os documentos não serão identificados.

Nesta pesquisa, adotamos o modelo de indexação tradicional, em que um especialista determina os termos descritivos das rotinas, os quais farão parte do índice de busca. Os termos usados na indexação são obtidos na classe Lexico_UE. O especialista deve selecionar as palavras e documentos que identificam cada rotina, aumentando assim a precisão, isto é, a capacidade de recuperar somente documentos relevantes na consulta.

Uma dificuldade nesta técnica ocorre porque a pessoa que descreve e indexa os documentos pode utilizar termos diferentes que serão usados posteriormente pelos que irão pesquisar pelos mesmos documentos. Conforme (FURNAS et al., 1987) destaca, as pessoas costumam utilizar vocabulários diferentes para expressar suas intenções.

Neste contexto, torna-se necessária a aquisição de conhecimento sobre os termos usados na linguagem cotidiana dos

profissionais, para complementar as técnicas de indexação, quer seja manual ou automática. A seção seguinte descreve a identificação de novos termos para o desenvolvimento do vocabulário em emergência, que contribui com a indexação e recuperação de documentos.

4.3.4. Desenvolvimento do vocabulário em emergência

Quando realizada manualmente, a identificação dos termos da linguagem falada é uma atividade que requer tempo dos especialistas e engenheiros de conhecimento. Conforme (LOOS; SCHWARTEN, 2008) destaca, a modelagem manual de conceitos normalmente não é indicada, pois o mundo real não é estático, é ampliado continuamente por novos objetos, modelos, processos e seus respectivos significados.

Um desafio se encontra na dificuldade de extração do conhecimento associado ao trabalho dos profissionais em emergências. Diferente das consultas médicas realizadas em clínicas e hospitais, o atendimento normalmente não possui um local adequado e pode ocorrer em situações bastante adversas como em tumultos, mau tempo e até mesmo em situações de risco para a equipe de atendimento e pacientes.

Neste contexto, buscamos extrair e analisar constantemente os termos usados pelos especialistas enquanto realizam pesquisas por documentos. Devido à intensa atividade dos profissionais em UE, é interessante que a etapa de identificação e atualização dos termos sejam realizadas de forma transparente ao usuário, isto é, de maneira que não introduza alterações em sua rotina de trabalho.

Para o desenvolvimento da terminologia em emergência, propomos que a instanciação semiautomática da classe `Lexico_UE` seja realizada conforme a sequência apresentada no diagrama UML da Figura 25. As principais classes da ontologia envolvidas são: `Lexico_UE`, `DeCS`, `IndexacaoSugerida` e `Novo_termo`.

No caso de uma consulta não retornar documentos, a aplicação no dispositivo móvel analisa a palavra-chave. Primeiro, verifica na classe `Lexico_UE` se já existe uma instância sobre a palavra-chave utilizada na consulta. Se for encontrada no léxico, significa que não existe documento relacionado com aquela palavra-chave ou existe, porém, não indexado com o termo (nem seus sinônimos). Neste caso, o sistema registra na classe `IndexacaoSugerida` essa tentativa de recuperação de documentos e o contexto da busca.

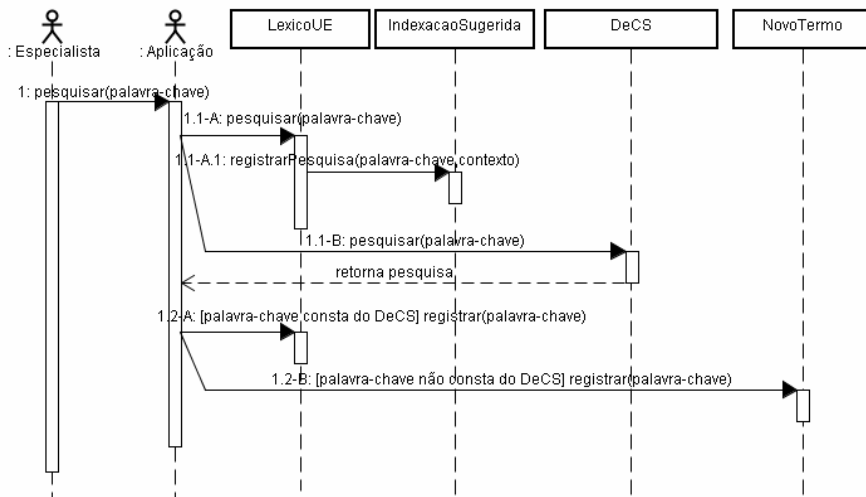


Figura 25: Diagrama de sequência UML: desenvolvimento da terminologia.

Essa informação contribui com a indexação manual dos documentos, pois permite que os especialistas tomem conhecimento de termos que estão no léxico, porém não retornam documentos ao usuário no contexto solicitado. Adicionalmente, essa informação pode indicar a necessidade de novas rotinas e demais documentos sobre um determinado assunto.

No caso da palavra-chave não existir em Lexico_UE, significa que a mesma é desconhecida na ontologia, então a aplicação realiza uma busca na classe DeCS. Se encontrar o termo no DeCS, este é registrado automaticamente na classe Lexico_UE, sem necessidade de uma posterior verificação humana. No caso do termo não existir no DeCS, o mesmo é instanciado na classe Novo_termo, para ser avaliado pelos especialistas antes de serem inseridos no léxico.

Portanto, em relação ao termo utilizado como palavra-chave, as principais possibilidades são: 1) o termo já existir na ontologia de domínio; 2) o termo não fazer parte da ontologia de domínio, mas estar no DeCS; e 3) o termo não constar na ontologia de domínio e nem no DeCS. Os exemplos descritos a seguir ilustram essas três situações.

Assuma que existe uma rotina denominada “Interpretação de ECG”, relacionada ao termo “eletrocardiografia”. Considere também

que os especialistas sabem que o termo “EKG” é sinônimo de “eletrocardiografia”, porém, esse fato não está representado na ontologia. No primeiro exemplo, o especialista executa a consulta Q1: Buscar documentos com a palavra-chave “eletrocardiografia”. Esta é a situação mais simples, pois o termo já existe na ontologia, então a consulta é processada normalmente. A Figura 26-a ilustra os resultados obtidos com a pesquisa pela ferramenta Protégé.

No segundo exemplo, o especialista executa novamente a consulta Q1, entretanto utiliza como palavra-chave o termo “EKG”, que é sinônimo de “eletrocardiografia” (o sistema desconhece este fato). Este termo não é encontrado na ontologia de domínio, então o sistema realiza uma busca no DeCS (simulado pela classe DeCS), onde verifica que o termo EKG é um sinônimo de “eletrocardiografia”. A Figura 26-b ilustra através da ferramenta Protégé, os resultados da pesquisa na classe DeCS. Neste caso, a classe Lexico_UE é alimentada com o novo sinônimo identificado para o termo “eletrocardiografia”. Na próxima vez que um especialista fizer uma consulta usando o termo “EKG”, o sistema poderá identificar os documentos relacionados.

Finalmente, consideramos para o terceiro exemplo, que o especialista executa a seguinte consulta Q2: Buscar documentos com a palavra-chave “eletrodo”. Este termo não é encontrado no léxico o nem mesmo no DeCS.

A Figura 26-c ilustra, através da ferramenta Protégé, os resultados da pesquisa nas classes Lexico_UE e DeCS. Neste caso, o termo “eletrodo” é inserido na ontologia numa classe específica denominada Novo_termo, para que mais tarde, especialistas decidirem se a instância deve (ou não) ser inserida no léxico. Adicionalmente, são registradas informações sobre o contexto em que o termo foi solicitado, tais como: frequência e filtros solicitados.

Uma vantagem desta abordagem semiautomática é a confiabilidade, pois somente elementos que foram encontrados no DeCS são instanciados automaticamente no léxico. De outro modo, a instanciação deverá ser realizada manualmente pelo especialista. Outro benefício é que a constante introdução de novos termos mantém o léxico atualizado com termos usados no domínio.

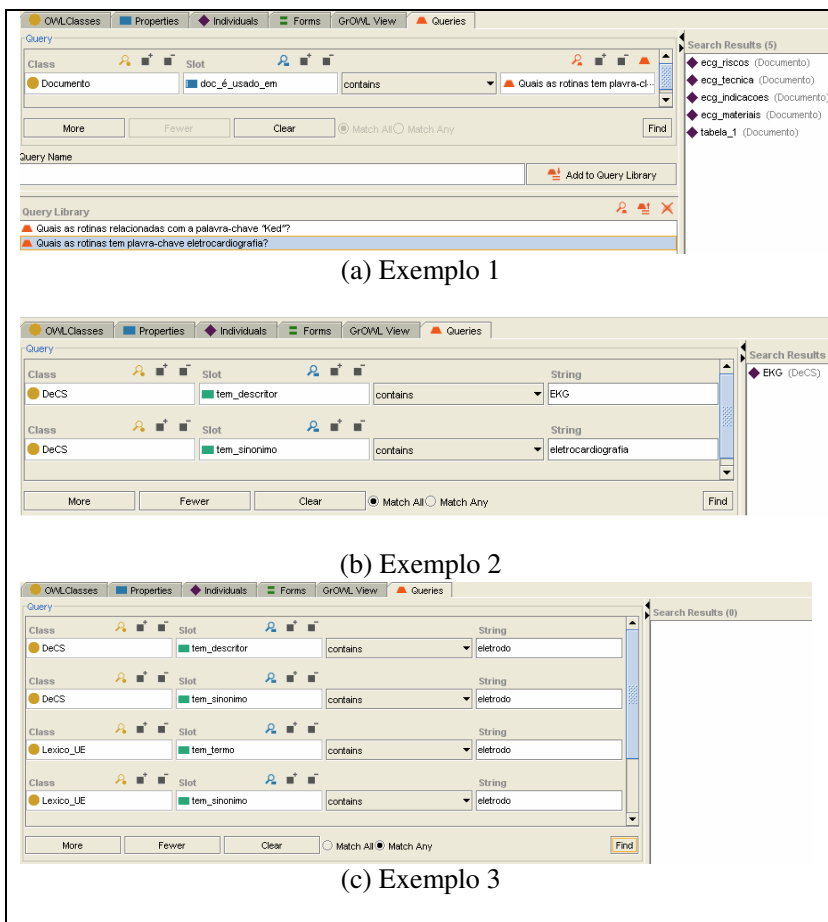


Figura 26: Exemplos na ferramenta Protégé (PROTÉGÉ, 2009).

4.3.5. Cache Semântico

No modelo proposto, a mobilidade dos profissionais do serviço de atendimento de emergências é acompanhada pela mobilidade dos dispositivos portáteis. O ambiente de CM introduz alguns fatores limitantes, tais como a capacidade de processamento dos equipamentos, consumo de bateria, desconexões, dentre outras (MANICA et al., 2005). Para tratar essas limitações tecnológicas e melhorar o desempenho do processamento das consultas, adotamos a técnica de *cache* semântico

(DAR et al., 1994). A Figura 27 ilustra o modelo de *Cache* Semântico (CS) proposto nesta tese (MANICA et al., 2009a).

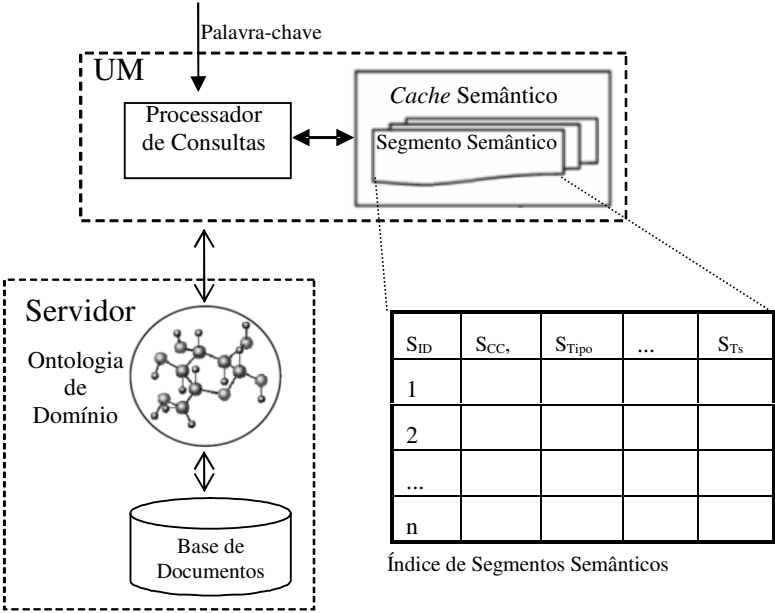


Figura 27: *Cache* semântico proposto.

No servidor, uma base de documentos armazena diversos arquivos que podem ser recuperados para apoiar as atividades dos profissionais. Também no servidor encontra-se a ontologia de domínio, utilizada para indexar e representar conhecimento sobre os documentos. Por meio da Unidade Móvel (UM), o especialista realiza consulta a documentos, digitando uma palavra-chave e os filtros desejados.

O módulo processador de consultas verifica se a resposta da consulta (ou parte dela) está em *cache*. Se necessário, a consulta é enviada ao servidor. O diagrama UML, ilustrado na Figura 28, representa a sequência da execução da consulta no *cache* semântico.

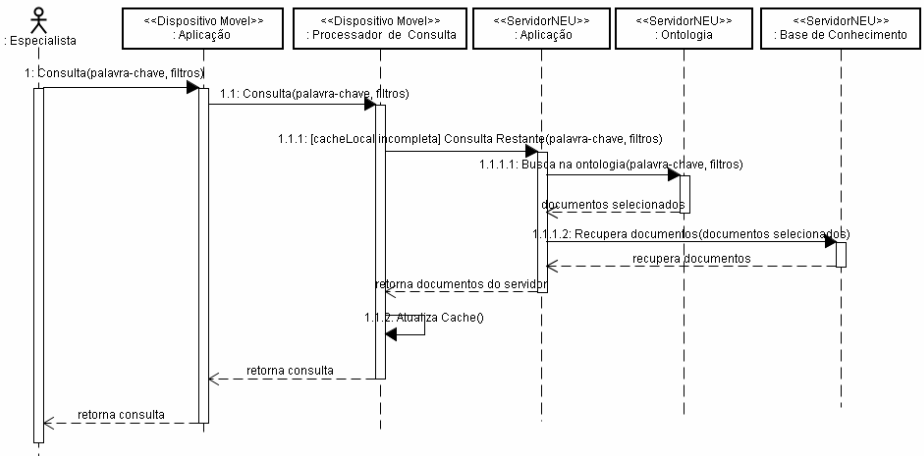


Figura 28: Diagrama de sequência UML: processamento da consulta.

Ao receber uma consulta contendo a palavra-chave e filtros desejados, a aplicação encaminha a consulta ao módulo processador de consultas, que primeiro realiza a consulta no *cache* do dispositivo portátil. Se obtiver a resposta completa em *cache*, atualiza o mesmo e retorna a resposta ao usuário. No caso de parte da (ou toda) consulta não estar no *cache*, a consulta restante (*reminder query*) é encaminhada ao servidor.

O servidor busca na ontologia quais os documentos requeridos, os recupera na base de documentos e retorna para o processador de consultas no dispositivo móvel. O processador de consultas atualiza o *cache* e armazena os novos documentos recebidos. Se não tiver espaço para acomodar os novos documentos, aplica a política de substituição LFU (*Least Frequently Used*), isto é, os segmentos menos frequentemente usados são excluídos para acomodar os novos documentos. Finalmente, a consulta completa é apresentada ao usuário, o especialista.

Assim, sempre que um novo documento é enviado à UM, um segmento semântico é criado. Um segmento semântico é definido pelo conjunto (S_{ID} , S_{CC} , S_{DS} , S_C , S_{Tipo} , S_F , S_{Fq} , S_{Ts}) onde: S_{ID} representa o identificador do segmento; S_{CC} a palavra-chave usada na consulta; S_{DS} sinônimos da palavra-chave; S_C a resposta da consulta; S_{Tipo} e S_F representam filtros usados na consulta; S_{Fq} a frequência de uso e S_{Ts} uma marca de tempo.

Em relação aos resultados de consultas, três circunstâncias podem ocorrer: 1) a resposta está completamente no servidor; 2) a resposta está completamente em *cache*; 3) a resposta está parcialmente em *cache*. Os próximos exemplos ilustram, respectivamente, essas três situações. Considere que os termos ressuscitação cardiopulmonar e código azul são sinônimos, e que este fato está declarado na ontologia. Considere também que inicialmente o CS está vazio.

No primeiro exemplo, o especialista executa a consulta Q1: selecionar indicações e riscos com palavra-chave “ressuscitação cardiopulmonar”. O sistema verifica que o *cache* está vazio, então envia a consulta completa para o servidor que retorna a UM dois documentos: rc_ind e rc_riscos. Ambos os arquivos são armazenados em *cache* e para cada um é criado um segmento semântico, conforme a Tabela 5.

No modelo de *cache* semântico proposto, informações extraídas da ontologia (por exemplo, sinônimos do descritor) são utilizados como descrição semântica dos arquivos em *cache*. O uso dos sinônimos como descrição semântica produz melhorias no desempenho das consultas, tais como a redução do tempo de resposta (MANICA et al., 2009b), um parâmetro importante para o ambiente de emergência.

Para ilustrar este ganho, considere um segundo exemplo em que o especialista executa novamente Q1, porém usa a palavra-chave “código azul”. Ao realizar a busca em *cache*, o sistema verifica que a resposta completa está em *cache*, pois “código azul” é um sinônimo de “ressuscitação cardiopulmonar”. Assim, a consulta é completamente respondida sem necessidade de comunicação com o servidor em um tempo reduzido. O sistema atualiza a frequência de uso e marca de tempo dos documentos, informações utilizadas na política de substituição e para tomada de decisões gerenciais.

Tabela 5: Exemplo de segmento semântico.

| S _{ID} | S _{CC} | S _{DS} | S _C | S _{Tipo} | S _F | S _{Fq} | S _{Ts} |
|-----------------|------------------------------|--|----------------|-------------------|----------------|-----------------|-----------------|
| 1 | ressuscitação cardiopulmonar | Reanimação Cardiopulmonar Suporte Básico de Vida Manutenção das Condições Vitais Cardíacas Básicas Suporte das Condições Vitais Cardíacas Básicas Código Azul | rc_ind | Gestos | indicações | 1 | 123 |

| | | | | | | | |
|---|---------------------------------|---|---------------|--------|--------|---|-----|
| | | CPR Ressuscitação Boca-a-Boca Respiração Boca-a-Boca | | | | | |
| 2 | ressuscitação cardiopulmonar | Reanimação Cardiopulmonar Suporte Básico de Vida Manutenção das Condições Vitais Cardíacas Básicas Suporte das Condições Vitais Cardíacas Básicas Código Azul CPR Ressuscitação Boca-a-Boca Respiração Boca-a-Boca | rc_ris cos | Gestos | riscos | 1 | 125 |

O terceiro exemplo demonstra uma consulta cuja resposta está parcialmente em *cache*. O especialista executa a consulta Q2: selecionar materiais e riscos com palavra-chave “CPR”. A resposta desta consulta é composta por rc_riscos (em *cache*) e rc_materiais (no servidor). Neste caso, somente é solicitado ao servidor a parte da consulta que não está em *cache*. Ao receber o arquivo rc_materiais, o sistema o armazena em *cache* juntamente com sua descrição semântica em um novo segmento. A frequência de uso e marca de tempo de rc_riscos são atualizados.

4.4. Trabalhos correlatos

Nesta seção apresentamos alguns trabalhos correlatos a esta pesquisa. Até o momento em que esta tese foi escrita, não encontramos trabalhos com objetivo de comunicar conhecimento e identificar terminologia em UE com o uso de dispositivos portáteis. Porém, existem várias pesquisas que, apesar de terem objetivos e domínios diferentes, utilizam soluções semelhantes às usadas nesta tese.

Borsato *et al.* (2006) propõem um sistema de registro e recuperação de experiências para auxiliar profissionais que atuam no atendimento pré-hospitalar de urgência e emergência. O sistema proposto armazena em uma base de casos os elementos de experiências (isto é, registros de casos vividos por um especialista) que podem ser

recuperados durante o atendimento às vítimas de uma ocorrência. A base de conhecimento foi construída a partir da literatura médica, e os testes de indexação e recuperação dos casos limitaram-se, especificamente, aos conhecimentos da área de queimaduras. O foco da pesquisa é um estudo sobre os mecanismos de indexação e recuperação dos elementos de experiências. Conforme os autores, a proposta pode ser aplicada em qualquer área de conhecimento.

A pesquisa de Borsato *et al.* (2006) adotou a indexação completamente automática. Os termos (e seus sinônimos) usados para indexar os elementos de experiência foram obtidos de forma automática a partir de documentos de texto. Conforme os autores, a obtenção manual dos termos exige tempo e disposição do especialista. Além disto, os autores destacam que o especialista pode não identificar todos os termos relevantes do contexto, esquecendo alguns e indicando outros que não são tão relevantes. Este problema é abordado nesta tese, que busca identificar termos relevantes na linguagem usada pelos especialistas em UE, com o uso de dispositivos portáteis para comunicar conhecimento. De acordo com a breve descrição da implementação e interface ilustrada em (BORSATO *et al.*, 2006), o sistema foi desenvolvido para computadores desktop, embora os autores reconheçam a necessidade do uso de computadores de mão.

Pesquisas como a de Garritty e Emam (2006) destacam o crescimento do uso de dispositivos portáteis pelos profissionais em saúde. Entretanto, poucos trabalhos descrevem o uso de dispositivos portáteis para apoiar a tomada de decisão clínica em UE, como a pesquisa apresentada por Michalowski *et al.* (2005). O sistema especialista proposto, denominado MET (*Mobile Emergency Triage*), tem como objetivo principal apoiar a tomada de decisão em sistemas de emergência médica.

Assim como nesta tese, o modelo foi proposto priorizando o fluxo de trabalho de profissional, sem introduzir alterações em sua rotina de trabalho. Para atingir este objetivo, Michalowski *et al.* (2005) adotaram dispositivos portáteis nas atividades de triagem médica sobre dor torácica. A idéia é que o sistema seja usado pelos médicos, na fase de avaliação ou triagem médica, como um consultor específico (um sistema especialista) para o domínio de dor aguda. A técnica de ontologia é usada para armazenar conhecimento sobre dor torácica em UE.

O MET possui arquitetura cliente-servidor, integrada com sistemas de prontuário eletrônico, sistemas laboratoriais, dentre outros sistemas (internos ou externos) que fornecem informação para apoiar a

decisão clínica. Para tratar o problema de desconexão com servidores de informação externos, o sistema armazena em um buffer no servidor local os principais dados que suportam a tomada de decisão. A pesquisa não aborda limitações relacionadas aos dispositivos portáteis, bem como técnicas para minimizar os efeitos das desconexões com o servidor local.

Com foco nas limitações de dispositivos portáteis, a pesquisa de Berri *et al.* (2006) apresenta um *framework* para selecionar os melhores documentos, conforme a capacidade do equipamento utilizado pelo usuário. O modelo é proposto para um ambiente de *m-learning* (*mobile learning*), em que um usuário previamente cadastrado realiza consultas através de dispositivo portátil.

Os repositórios de documentos armazenam diferentes tipos de arquivos (vídeos, fotos, textos, dentre outros) organizados em uma ontologia. Ao efetuar uma busca, os documentos são selecionados de acordo com o perfil do usuário (habilidade, objetivos e nível de conhecimento) e do ambiente (características da rede sem fio e do dispositivo portátil utilizado). Assim, uma mesma busca por documentos realizada por usuários e/ou equipamentos diferentes poderá resultar em tipos de documentos diferentes. O modelo proposto permite a recuperação de arquivos mais “leves” para usuários que possuem dispositivos limitados. Entretanto, Berri *et al.* (2006) não apresentam estratégias para melhorar o desempenho das consultas ou permitir o reuso de documentos em *cache* nos momentos de desconexão.

A pesquisa em Horan *et al.* (2005) propõe o desenvolvimento de uma ontologia sobre o serviço de emergência médica na área rural. O principal objetivo da pesquisa foi criar meios para medir e comunicar o desempenho de tais serviços. A ontologia representa conhecimentos sobre os atendimentos, origem das chamadas, tipos de chamadas, sistemas e estruturas utilizadas, tempo de atendimento, dentre outras.

Usando uma abordagem indutiva, a ontologia foi desenvolvida usando o software Protégé (PROTÉGÉ, 2009) e permite que pesquisadores e gestores de saúde consultem conhecimentos específicos sobre os atendimentos de emergências rurais. As principais consultas são relativas às estatísticas sobre os atendimentos e tempo de resposta das chamadas. Adicionalmente, os autores apresentam um estudo comparativo sobre o tempo de resposta entre vários serviços de atendimento de emergências rurais.

A Tabela 6 relaciona algumas características comuns entre os trabalhos acima citados e esta tese.

Tabela 6: Características de trabalhos correlatos – parte 1.

| | <i>Descrição da Aplicação Proposta</i> | <i>Ontologia</i> | <i>Domínio</i> | <i>Ambiente</i> | <i>Cache</i> |
|----------------------------|--|------------------|--|-----------------------------------|--------------|
| (BORSATO et al., 2006) | Registro e recuperação de experiências em UE | Não | Urgência e Emergência ou qualquer área | Desktop | N/A |
| (MICHALOWSKI et al., 2005) | Sistema Especialista no dispositivo portátil | Sim | Dor Torácica em Urgência e Emergência | Computação Móvel Cliente-Servidor | Não |
| (BERRI et al., 2006) | Consulta por documentos em dispositivos portáteis baseada no contexto | Sim | Mobile Learning | Computação Móvel Cliente-Servidor | Não |
| (HORAN et al., 2005) | Sistema de Gestão em UE médica rural, que permite consultas estatísticas sobre os atendimentos. | Sim | Urgência e Emergência Rural | Rede de Comunicação Wireless | Não |
| Esta pesquisa | Consulta por documentos em dispositivos portáteis com registro de termos usados pelos especialistas. | Sim | Urgência e Emergência | Computação Móvel Cliente-Servidor | Sim |

Esta tese também se relaciona com pesquisas que buscam desenvolver ou atualizar sistemas terminológicos na área médica. Neste contexto, Di Maio (2007) discute o intercâmbio de informações, conceitos e terminologia entre os diversos profissionais que atuam nos ambientes de emergências e catástrofes. Apontam como solução o desenvolvimento de uma ontologia aberta (pública) e de fácil acesso a todos os envolvidos no processo de resgate. A autora analisa e esclarece questões fundamentais que estão no cerne dos sistemas inteligentes e de gestão de emergência médica, com o foco em projetos de código aberto (*open ontology*). A pesquisa teórica fornece uma visão geral do estado da arte na área e introduz uma metodologia para o desenvolvimento de ontologia aberta, integrando diferentes disciplinas e metodologias do domínio.

Abu-Hanna *et al.* (2005) investigam como especificar um sistema terminológico (ST) usando o software Protégé (PROTÉGÉ, 2009) e demonstram o desenvolvimento de um ST na área médica. No

decorrer da pesquisa, os autores analisam a ferramenta Protégé, destacando os pontos fortes e fracos da ferramenta para desenvolver sistemas terminológicos. Diferente desta tese, as instâncias do sistema terminológico proposto são inseridas manualmente pelo usuário através da interface gráfica (*forms*) do Protégé. Em outras palavras, apesar de considerarem o reuso, a atualização e inserção de novos termos são realizadas manualmente pelos usuários do sistema.

Outra área correlata a esta tese refere-se ao processo de população ou atualização confiável de ontologia. Loos e Swarten (2008) propõem o armazenamento de novas instâncias em um banco de dados separado da ontologia, para que, posteriormente, especialistas possam conferi-las. No modelo proposto, sempre que uma instância não é encontrada na ontologia, o sistema realiza uma pesquisa na *Web* para descobrir do que se trata a nova instância. Em seguida, mapeia o conhecimento obtido, associa um grau de confiabilidade e o armazena em um banco de dados, separado da ontologia, denominado memória semântica. Desta forma, todas as instâncias inseridas no banco de dados devem ser avaliadas por especialistas antes de inseridas na ontologia.

Diferente de Loos e Swarten (2008), nesta tese propomos que novas instâncias sejam avaliadas em tempo de execução em uma fonte totalmente confiável e aceita por especialistas no domínio, o descritor em saúde DeCS. Somente as instâncias não encontradas no DeCS são avaliadas posteriormente pelos especialistas humanos. A vantagem desta estratégia é a redução do volume de novas instâncias que serão validadas manualmente pelos especialistas.

Outra característica comum do trabalho de Loos e Swarten (2008) com esta tese é a utilização de uma memória semântica no servidor para melhorar o desempenho do sistema. Loos e Swarten propõem o uso de memória semântica para melhorar o desempenho da instanciamento automática. Sempre que um novo termo não é encontrado na ontologia, antes de buscá-lo na *Web*, a memória semântica é consultada. Nesta tese propomos o uso de uma memória semântica (*cache* semântico) no dispositivo portátil para melhorar o desempenho da recuperação de documentos no cliente móvel.

Karnstedt *et al.* (2003) fazem uso do modelo de *cache* semântico para melhorar o desempenho de consultas no servidor. A organização do *cache* conectada com a ontologia é usada para melhorar a recuperação e integração de documentos em bases de conhecimento heterogêneas na *Web*. O sistema proposto subdivide uma consulta em várias sub-consultas e integram seus resultados usando a informação semântica da ontologia. Essa informação semântica também é usada no

processamento da consulta da seguinte forma. O modelo armazena documentos XML em um banco de dados (Xindice) bem como a descrição semântica das consultas correspondentes. Os documentos em *cache* são estruturados hierarquicamente e armazenados em estruturas denominadas coleções. O *cache* é organizado sobre os conceitos da ontologia, cada coleção é uma região semântica.

A Tabela 7 relaciona algumas características comuns entre alguns dos trabalhos acima citados.

Tabela 7: Características de trabalhos correlatos – parte2.

| | Técnica de <i>Cache</i> | Instanciação da Ontologia | Local de Armazenamento das novas instâncias | Fonte para obter conhecimento sobre a nova instância |
|--------------------------|---|---------------------------|---|--|
| (Abu-Hanna et al., 2005) | Não | Manual | Direto na ontologia | Especialista (usuário) |
| (LOOS; SCHWARTEN, 2008), | Memória Semântica no Servidor para melhorar o desempenho da instanciação | Semi-automática | Separado da ontologia (banco de dados) | Internet (<i>Web</i>) |
| (KARNSTEDT et al., 2003) | <i>Cache</i> Semântico no Servidor para melhorar o desempenho e integrar sub-consultas executadas na <i>Web</i> | N/A | Separado da ontologia (banco de dados) | N/A |
| Esta pesquisa | <i>Cache</i> Semântico no Cliente para melhorar o desempenho da consulta | Semi-automática | Na ontologia (em classe específica para instâncias não validadas) | DeCS |

4.5. Considerações finais

Este capítulo apresentou a proposta de um modelo de recuperação e comunicação do conhecimento, foco principal desta tese, cujo objetivo é contribuir com o acesso ao conhecimento em qualquer hora e lugar, em adição ao desenvolvimento de uma terminologia no domínio de emergência.

Conforme discutido, a linguagem falada pelos especialistas no atendimento de emergência apresenta ambiguidades, acrônimos, informalidades, dentre outras. Essas características inviabilizam o uso exclusivo de ferramentas automáticas de indexação de documentos, pois essas se limitam a identificar termos selecionados dos textos. Se a identificação dos termos da linguagem falada é realizada por um engenheiro de conhecimento, surge a dificuldade do processo de interação entre pessoas, principalmente no ambiente de emergência. Assim, a proposta apresentada neste capítulo, complementa outras técnicas de uma forma inovadora e diferencial, transparente para o usuário, isto é, sem introduzir alterações na rotina clínica ou em procedimentos bem estabelecidos.

Foram abordados problemas referentes à incerteza presente na prática médica, principalmente para aqueles que atuam em emergências. Neste contexto, propomos o uso de dispositivos portáteis, que contribui para que os profissionais acessem conhecimento durante a prática dos atendimentos, em qualquer hora e lugar. Adicionalmente, buscamos identificar conhecimentos importantes aos gestores em saúde, tal como a identificação das necessidades de treinamentos, sem expor os profissionais que atuam na emergência. Para tratar alguns dos problemas relacionados ao uso de dispositivos portáteis, adotamos o uso do modelo de *cache* semântico, que utiliza informações obtidas na ontologia para melhorar o desempenho das consultas.

No capítulo seguinte apresentamos a modelagem e implementação de um protótipo com o objetivo de validar as técnicas adotadas na proposta do modelo.

CAPÍTULO 5 - DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

5.1. Introdução

Segundo (VON KROGH et al., 2001), um protótipo é a forma tangível do conceito e é produzido mediante a combinação de conceitos, produtos, componentes e procedimentos já existentes com o novo conceito. Este autor considera a construção de protótipos como uma das principais etapas na criação do conhecimento organizacional.

Neste capítulo apresentamos a modelagem e implementação do protótipo de uma aplicação de busca por palavra-chave para permitir a realização de experimentos sobre o modelo proposto. O protótipo, denominado *SemanticCacheDemo*, disponibiliza facilidades importantes para a recuperação e comunicação de conhecimento: execução de buscas por documentos utilizando-se de um dispositivo móvel, seguindo o modelo de recuperação e comunicação do conhecimento proposto; manipulação da ontologia no padrão OWL, analisando e identificando novos termos, de forma transparente para o usuário; gerenciamento do *cache* semântico no dispositivo móvel.

A Figura 29 ilustra o diagrama caso de uso das funcionalidades previstas na aplicação para o usuário especialista. Para buscar documentos, além da palavra-chave, o usuário deve informar um dos três tipos de consultas: gestos, síndrome ou outros. Opcionalmente, ele pode selecionar filtros desejados.

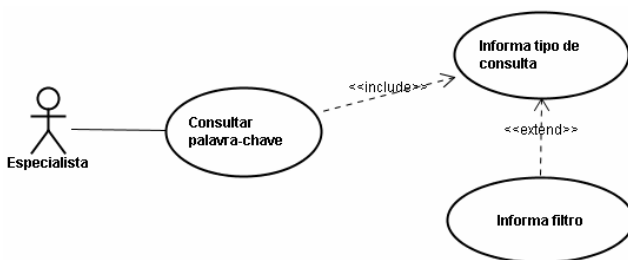


Figura 29: Diagrama caso de uso – Especialista.

A Figura 30 ilustra a interface gráfica do protótipo para recuperação de documentos através do dispositivo móvel. Os filtros foram definidos de acordo com o roteiro adotado na definição das rotinas do SAMU-SC (conforme tabela 1 e 2 no capítulo 4). Se o usuário selecionar o tipo de consulta gestos e técnicas, os seguintes

filtros ficam disponíveis (Figura 30-a): materiais e produtos; indicações; técnica; riscos e acidentes. Por outro lado, se a seleção do tipo de consulta for síndrome, apresentam-se os seguintes filtros (Figura 30-b): grau de urgência; dicas; o que levar; confirmação clínica; protocolo de tratamento; exames; macetes e armadilhas e outros tratamentos. Caso o usuário selecione a opção outros, nenhum filtro é disponibilizado (Figura 30-c), pois esta opção refere-se a qualquer outro documento que não seja rotina.

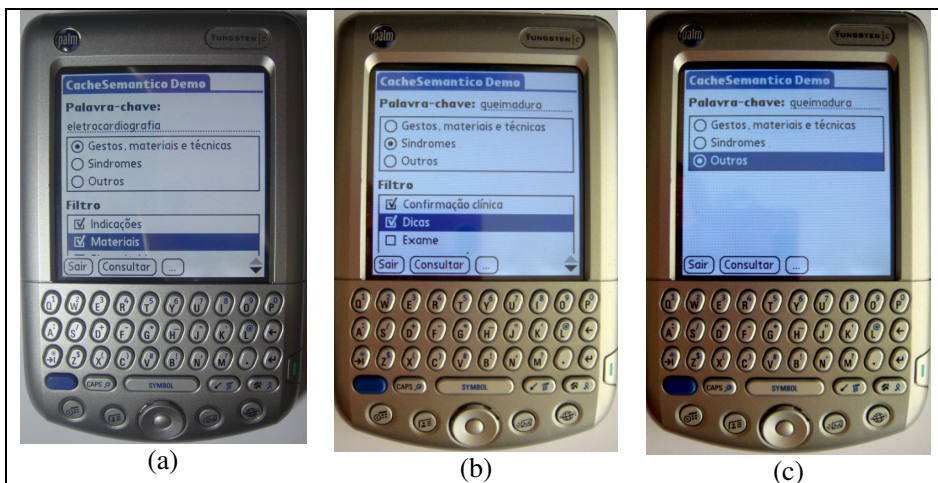


Figura 30: Interface: possíveis filtros de busca.

5.2. Ambiente de desenvolvimento

O protótipo é composto por dois módulos, um no servidor e outro no cliente. Para o desenvolvimento no servidor, utilizamos a linguagem Java 2 Standard Edition. No módulo cliente, a aplicação foi desenvolvida para dispositivos portáteis, de forma que a mesma acompanhe a mobilidade dos profissionais de saúde durante os atendimentos de emergência. Assim, no dispositivo móvel utilizamos a linguagem JME (Java Micro Edition), uma plataforma Java compacta, apropriada para desenvolvimento de aplicações em dispositivos portáteis.

No servidor, para a aplicação Java manipular conhecimento na ontologia, utilizamos o *framework* Jena 2 Ontology API. Esta biblioteca, desenvolvida pela Hewlett-Packard, é distribuída no formato *open*

source e possibilita o armazenamento e manipulação da ontologia no formato OWL (JENA, 2009). Para pesquisar na ontologia, utilizamos a linguagem de consulta SPARQL (SPARQL, 2009), que permite extrair informações da ontologia em OWL. O *framework* Jena fornece suporte à linguagem SPARQL desde sua versão 2.5.3.

Para estabelecer a comunicação entre os clientes móveis e o servidor, foram utilizadas funções *socket*. Os soquetes fornecem a funcionalidade para estabelecer uma conexão entre dois sistemas, sendo um método de comunicação leve e funcional de comunicação. Os *sockets* têm um baixo overhead, o que permite ser um protocolo veloz de comunicação (ROSSETTO, 2008). Enquanto a conexão for mantida, os clientes enviam pedidos para o servidor, que por sua vez processa o pedido e responde para o cliente. A conexão é encerrada, normalmente, quando o cliente envia uma notificação de finalização.

5.3. Arquitetura do protótipo

A arquitetura do protótipo, ilustrada na Figura 31, tem estrutura modular, onde cada parte é responsável por uma função bem definida. A abordagem em módulos facilita a manutenção, pois, alterações executadas em um módulo da arquitetura não alteram a base da estrutura da mesma.

No dispositivo móvel estão os módulos de interface de consulta, o gerenciador de consulta, o gerenciador de segmentos, o índice de segmentos semânticos e o módulo de comunicação do dispositivo portátil. No servidor estão os módulos responsáveis pela comunicação com os clientes, o gerenciador de consulta, o gerenciador de documentos, o gerenciador da ontologia, o repositório de documentos e a ontologia em OWL. As seções seguintes descrevem as principais funcionalidades de cada componente.

5.3.1. Interface de consulta

A interface de consulta permite a interação do usuário com o sistema, recebe dados de entrada da consulta e permite a visualização dos resultados. Este módulo é responsável por: gerenciar os filtros de cada tipo de consulta (conforme selecionado pelo usuário); realizar a comunicação com o Módulo de Consulta e apresentar os resultados ao usuário.

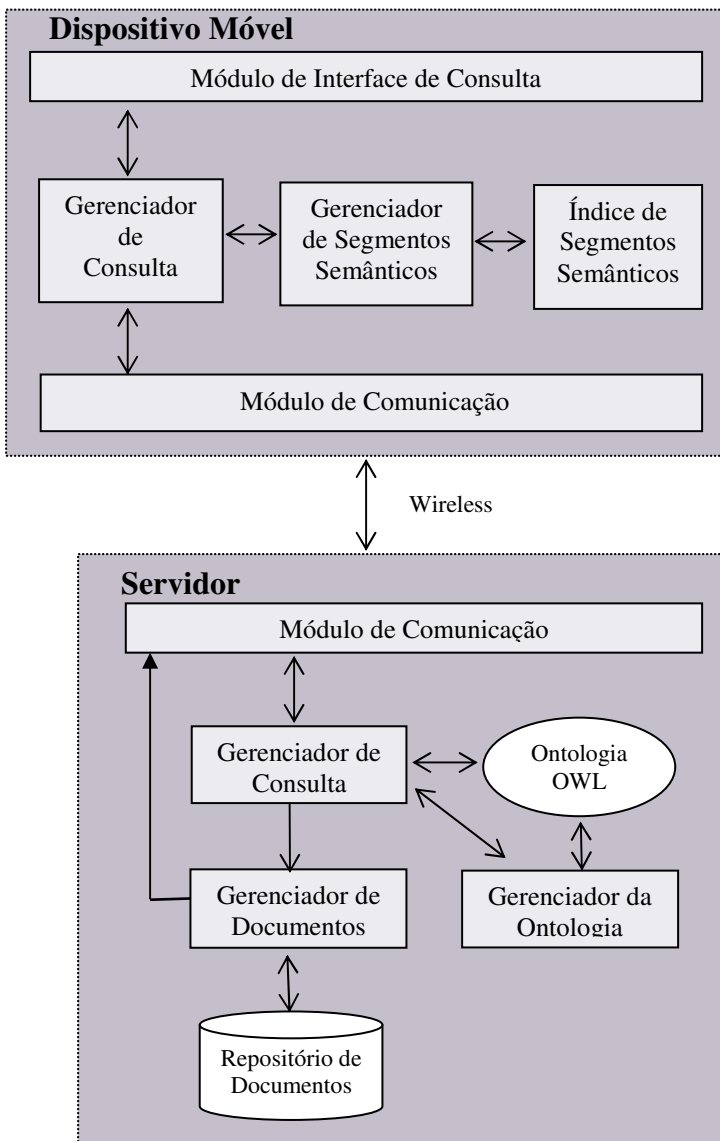


Figura 31: Arquitetura do protótipo.

5.3.2. Gerenciador de consulta (Cliente)

No cliente, este módulo é responsável por gerenciar todo o processo de execução da consulta e encaminhar os resultados obtidos aos módulos adequados. Ao receber uma consulta, primeiramente ela é encaminhada ao gerenciador de segmentos semânticos que verifica se o resultado total ou parcial se encontra em *cache*.

Se o resultado completo não for encontrado em *cache*, a consulta restante (isto é, o que não está em *cache*) é encaminhada ao módulo de comunicação que solicita ao servidor. Ao receber a resposta, no caso de novos itens de dados, o gerenciador de consulta encaminha o resultado para o módulo interface de consulta que apresenta ao usuário e também ao gerenciador de segmentos.

5.3.3. Índice de segmentos semânticos

O índice de segmentos semânticos é uma estrutura que armazena informação semântica sobre as informações disponíveis no *cache* do dispositivo móvel. Conforme introduzido no capítulo 4, um segmento semântico é composto por:

- S_{ID} , que representa um identificador do segmento;
- S_{CC} , que representa a palavra-chave usada na consulta;
- S_{DS} , que representa a descrição semântica do segmento;
- S_C , que representa o conteúdo do segmento;
- S_{Tipo} , que representa o tipo de rotinas pesquisadas;
- S_F , que representa o filtro utilizado na consulta;
- S_{Fq} , que representa a frequência de uso do segmento;
- S_{Ts} , que representa uma marca de tempo.

Os itens S_{CC} , S_{Tipo} e S_F são informações obtidas a partir do enunciado da consulta executada pelo usuário, enquanto que o campo S_C , é obtido quando o servidor envia a resposta da consulta. Juntamente com a resposta da consulta, o servidor envia a descrição semântica dos dados obtida na ontologia. Assim, o item S_{DS} , descreve todas as palavras-chave (e seus sinônimos) relacionadas ao conteúdo do segmento. Essa informação é útil para melhorar o desempenho da consulta no dispositivo portátil (MANICA et al., 2009b).

Os campos S_{Fq} e S_{Ts} são usados na política de substituição, aplicada quando o espaço em *cache* é insuficiente para acomodar novos

dados. A estrutura de segmentos é consultada e gerenciada pelo módulo gerenciador de segmentos semânticos, descrito a seguir.

5.3.4. Gerenciador de segmentos semânticos

Este componente é responsável pelo gerenciamento do índice de segmentos semânticos, que inclui as seguintes operações: consulta, inserção, atualização e remoção de segmentos. Uma consulta é executada no índice de segmentos conforme a solicitação do Gerenciador de Consulta e retorna ao mesmo os documentos encontrados em *cache* e/ou indica aqueles que não foram encontrados. Caso algum segmento tenha contribuído com a resposta da consulta, sua frequência de uso (S_{Fq}) é atualizada.

Sempre que o dispositivo portátil recebe novos itens do servidor, ocorre a inserção de segmentos. Se não houver espaço suficiente, a política de substituição exclui segmentos para acomodar os novos itens. A política adotada no protótipo é a LFU (*Least Frequently Used*), isto é, segmentos menos frequentemente usados são excluídos primeiro. Adicionalmente, mantemos a marca de tempo, para experimentos futuros.

Antes de excluir um segmento, S_{Fq} é atualizado no servidor (na ontologia). Essa informação é importante, pois pode contribuir com a descoberta de conhecimento relevante aos gestores de saúde, tais como a necessidade de cursos ou treinamentos para atualização dos profissionais sobre um determinado tema.

5.3.5. Módulo de comunicação (Dispositivo Móvel)

Este componente é responsável pela comunicação com o servidor. Ao receber uma solicitação de consulta do módulo gerenciador de consulta, a mesma é encaminhada ao servidor através de *sockets*. Os resultados advindos do servidor também são encaminhados ao gerenciador de consulta que toma as providências necessárias.

5.3.6. Módulo de comunicação (Servidor)

Este módulo é responsável por aguardar, ininterruptamente, requisições do dispositivo móvel. Ao receber uma requisição, a mensagem recebida incluindo a palavra-chave e os filtros da consulta são encaminhadas para o módulo gerenciador de consulta do servidor.

Ao receber um resultado de consulta, o módulo de comunicação deve encaminhá-lo para o dispositivo móvel solicitante.

5.3.7. Gerenciador de consulta (Servidor)

O gerenciador de consulta no servidor é responsável por executar consultas na ontologia representada em OWL por meio da linguagem SPARQL. Este módulo identifica o nome dos documentos solicitados e os repassa ao módulo gerenciador de documentos. Outro encargo deste módulo é identificar e encaminhar ao módulo de gerenciador de ontologia o conhecimento que deve ser inserido na ontologia.

5.3.8. Gerenciador de documentos

O módulo gerenciador de documentos permite recuperar de forma organizada os documentos requisitados pelo gerenciador de consulta. A função deste componente é gerenciar todos os processos relacionados a recuperação dos documentos solicitados e encaminhá-los ao módulo de comunicação.

5.3.9. Gerenciador de ontologia

O gerenciador de ontologia é responsável por manipular a ontologia, realizar atualizações e inserir novas instâncias na mesma. Para realizar essas funcionalidades, utilizamos o *framework* JENA.

5.3.10. Repositório de documentos e ontologia OWL

A ontologia, em OWL, representa a base de conhecimento que descreve o conhecimento no domínio do problema. O repositório de documentos representa o conjunto de arquivos armazenados no servidor *Web*. Para simplificar a implementação e apresentação na interface do dispositivo móvel, os documentos pesquisados estão no formato TXT.

5.4. Funcionalidades no dispositivo móvel

Conforme exposto anteriormente, no dispositivo portátil, além da interface com o usuário, encontram-se os módulos responsáveis pelo processamento da consulta e gerenciamento dos dados em memória local do dispositivo portátil. Este gerenciamento foi implementado

conforme a proposta descrita no capítulo 4, visando os seguintes benefícios:

- Recuperar conhecimento para apoiar especialistas nos atendimentos de emergências em qualquer hora e lugar;
- Identificar e registrar conhecimento sobre as pesquisas realizadas pelos usuários, mesmo quando desconectados;
- Melhorar o desempenho da recuperação de documentos no ambiente sem fio com o uso da técnica de *cache* semântico.

A descrição do algoritmo da busca, em alto nível, é apresentada na Figura 32. Basicamente, ao receber uma consulta, o sistema responde com a informação em *cache* ou encaminha para o servidor. Se receber novos arquivos, estes são armazenados em *cache* juntamente com sua descrição semântica.

| | |
|----|--|
| 1 | Algoritmo Busca (P, T, F) |
| 2 | <u>Entrada</u> : palavra_chave P, tipo de consulta T e filtros F |
| 3 | <u>Saída</u> : resultado da busca |
| 4 | <u>Início</u> |
| 5 | Recebe (palavra_chave, tipo e filtros) |
| 6 | Pesquisa no Índice de Segmentos Semânticos |
| 7 | Se encontrar resposta completa |
| | Recupera documento no <i>Cache</i> Semântico |
| | Apresenta resultado ao usuário |
| | Atualiza frequência de uso do segmento |
| 8 | Se não |
| 9 | Solicita dados ao servidor |
| 10 | Apresenta resposta ao usuário |
| 11 | Se servidor retornar arquivos |
| 12 | Insere_cache () |
| 13 | <u>Fim</u> |
| 14 | Insere_cache () |
| 15 | Verifica espaço disponível |
| 16 | Se espaço insuficiente |
| 17 | Aplicar política de substituição LFU |
| 18 | Cria novo segmento |
| 19 | SID ← identificador do segmento |
| 20 | SCC ← P //palavra-chave usada na consulta |
| 21 | SDS ← palavras-chaves relacionadas e seus sinônimos |
| 22 | SC ← resposta da consulta |
| 23 | STipo ← T // tipo de consulta |
| 24 | SF ← F // filtros usados na consulta |
| 25 | SFq ← SFq + 1 // atualiza a frequência de uso |
| 26 | STs ← marca de tempo |

Figura 32: Algoritmo de busca no dispositivo móvel.

5.5. Funcionalidades no servidor

Além da função de responder as consultas solicitadas pelo cliente móvel, o servidor executa uma análise da palavra-chave utilizada pelo especialista e alimenta a ontologia com novos conhecimentos no domínio de UE. Assim como o módulo no dispositivo portátil, o servidor foi implementado conforme a proposta descrita no capítulo 4, visando os seguintes benefícios:

- Recuperar documentos através da ontologia OWL;
- Analisar os termos usados pelos especialistas na consulta:
 - a. Registrar na ontologia de forma automática os termos encontrados no DeCS;
 - b. Registrar para conhecimento dos especialistas os novos termos não encontrados no DeCS e seu contexto de uso;
 - c. Registrar os termos solicitados por especialistas que existem no léxico, porém não são relacionados a nenhum documento;
- Manter conhecimento sobre frequência de uso dos documentos.

O algoritmo da busca, em pseudocódigo, é apresentado na Figura 33. Basicamente, ao receber uma solicitação, o sistema responde a consulta ou informa que não possui resultados. Neste último caso, além de registrar a tentativa, analisa a palavra-chave usada pelo especialista.

```
Algoritmo Servidor (P, T, F)
  Entrada: palavra_chave P, tipo de consulta T e filtros F
  Saída: resultado da busca
1  Início
2  Consultar P em Tipo.tem_palavras_chaves
3  Se não encontrar
4      Consultar P em Lexico_UE.tem_sinonimo
5      Armazenar em temp1 os resultados
6      Consultar Tipo.tem_palavras_chaves = temp1
7      Se encontrar, ir para linha 9
8      Senão iniciar procedimento Analisar termo (P, T, F)
9  Se encontrar
10     Identifica as palavras chaves relacionadas e seus sinônimos
11     Retorna documento ao cliente + descrição semântica
12     Atualiza a frequência de uso dos documentos acessados
13  Fim
```

Figura 33: Algoritmo de busca no servidor.

O algoritmo tem como entrada uma palavra-chave, o tipo de consulta e os filtros solicitados pelo usuário. Como saída, o algoritmo envia para o cliente a resposta da busca, que pode ser os documentos recuperados e sua descrição semântica ou uma mensagem informando que não foram encontrados documentos.

A busca inicia com uma pesquisa (Figura 33, linha 2) da palavra-chave na classe relacionada com o tipo de documento selecionado (gestos, síndromes ou outros tipos de documentos). Se encontrar (Figura 33, linha 9) documentos relacionados, os mesmos são enviados ao dispositivo móvel juntamente com sua descrição semântica, obtida na ontologia. A descrição semântica refere-se a todas as palavras e sinônimos relacionados a cada documento retornado. Dessa forma, consultas futuras com outras palavras relacionadas (além da utilizada na consulta original) poderão ser respondidas localmente no dispositivo móvel, sem necessidade de comunicação com o servidor.

Se não encontrar a palavra-chave, a pesquisa é estendida aos sinônimos dos termos do léxico (Figura 33, linha 3). Esse procedimento permite recuperar um documento também pelo sinônimo da palavra-chave usada pelo usuário, desde que o léxico o conheça. Caso não encontre um sinônimo (Figura 33, linha 8), significa que não existem documentos relacionados a palavra-chave. Neste caso, o algoritmo inicia o procedimento de análise deste termo, conforme o pseudocódigo apresentado na Figura 34.

| | |
|----|---|
| | Analisar termo (T, P, F) |
| | <u>Entrada</u> : palavra_chave P, tipo de consulta T e filtros F |
| | <u>Saída</u> : resultado da análise: insere no léxico ou na classe novo termo |
| 1 | <u>Início</u> |
| 2 | Consulta palavra-chave em Lexico_UE.tem_termo OR Lexico_UE.tem_sinonimo |
| 3 | Se encontrar Sugere_indexação (palavra-chave, Lexico.tem_termo) |
| 4 | Se não Consulta_DeCS (palavra-chave) |
| 5 | <u>Fim</u> |
| 6 | Consulta_DeCS (palavra-chave) |
| 7 | <u>Início</u> |
| 8 | Consultar palavra-chave no DeCS.tem_descritor |
| 9 | Se encontrar |
| 10 | Insere termo no léxico |
| 11 | Lexico_UE.tem_termo := DeCS.tem_descritor |
| 12 | Lexico_UE.tem_sinonimo:= DeCS.tem_sinonimo |
| 13 | Lexico_UE.tem_definicao := DeCS.tem_definicao |
| 14 | Lexico_UE.tem_fonte := “DeCS” |
| 15 | Sugere_indexação (palavra-chave, Lexico.tem_termo) |
| 16 | Consultar palavra-chave em DeCS.tem_sinonimo |
| 17 | Se encontrar |

```

18      Pesquisa se Lexico_UE.tem_termo = DeCS.tem_descritor
19      Se encontrar
20          Inicia nova consulta com o Lexico.tem_termo como palavra-chave
21          Acrescenta em Lexico_UE.tem_sinonimo os sinônimos
22
23      Senão, insere termo no léxico
24          Lexico_UE.tem_termo := DeCS.tem_descritor
25          Lexico_UE.tem_sinonimo:= DeCS.tem_sinonimo
26          Lexico_UE.tem_definicao := DeCS.tem_definicao
27          Lexico_UE.tem_fonte := "DeCS"
28          Sugere_indexação (palavra-chave, Lexico.tem_termo)

29      Se não encontrou a palavra no DeCS
30          Novo_termo.tem_nome:= palavra-chave
31          Novo_termo.tem_cont := tem_cont + 1
32          Novo_termo.tipo_consulta:= tipo usado na consulta
33          Novo_termo.filtro_utilizado:= filtro usado na consulta
34      Fim

35      Sugere_Indexação (palavra-chave, Lexico.tem_termo)
36      Início
37          Verifica se a já existe a indexação
38          Se tiver, atualiza os dados
39          Senão
40              IndexacaoSugerida.termo_usado := palavra-chave
41              IndexacaoSugerida.termo_lexico := Lexico.tem_termo
42              IndexacaoSugerida.tipo := tipo usado na consulta
43              IndexacaoSugerida.filtro := filtro usado na consulta
44              IndexacaoSugerida.frequencia := frequencia + 1
45      Fim

```

Figura 34: Algoritmo de análise de termos.

A análise do termo que não retornou documentos inicia com uma verificação se o léxico já o conhece (Figura 34, linha 2). Se encontrar (Figura 34, linha 3), significa que a ontologia já conhece este termo, então apenas sugere uma indexação (Figura 34, linha 35), isto é, sugere ao especialista (gerente da ontologia) que associe este termo a algum documento. Em outras palavras, o sistema registra o conhecimento de que um termo do léxico está sendo solicitado pelos especialistas nas consultas, porém não retornam documentos. Caso não encontre o termo no léxico (Figura 34, linha 4), significa que o léxico não ainda não conhece essa palavra, então o algoritmo segue para uma verificação no DeCS (Figura 34, linha 6).

No DeCS, a palavra-chave pode ser encontrada no campo descritores e/ou como um sinônimo de algum descritor. Assim, a pesquisa deve ser feita em ambos atributos. A pesquisa no DeCS inicia

verificando se existe um descritor igual à palavra-chave usada pelo usuário (Figura 34, linha 8). Se existir, o descritor é automaticamente inserido como um novo termo no léxico e uma indexação é sugerida para registrar a relação da palavra-chave e o novo termo do léxico (Figura 34, linha 10).

A pesquisa segue para verificar se a palavra-chave usada pelo usuário é um sinônimo de algum descritor no DeCS (Figura 34, linha 16). Se encontrar a palavra-chave no campo `DeCS.tem_sinonimo` (Figura 34, linha 17), o algoritmo verifica se o descritor deste sinônimo (`DeCS.tem_descritor`) já existe no léxico (`Lexico_UE.tem_termo`). Se já existir, inicia-se uma nova consulta com mesmo tipo e filtros da consulta original, porém, com o sinônimo no lugar da palavra-chave original. Desta forma, o conhecimento do sinônimo da palavra-chave identificado no DeCS é usado na execução de uma extensão da consulta com o termo sinônimo. Neste caso o algoritmo também alimenta o termo encontrado no léxico com o sinônimo identificado no DeCS e sugere uma indexação, registrando assim a relação da palavra-chave original e o termo do léxico.

Se não encontrar a palavra-chave no campo `DeCS.tem_sinonimo` (Figura 34, linha 23), cria-se um termo no léxico com o descritor encontrado no DeCS e também registra o uso palavra-chave e o termo do léxico.

Caso as pesquisas anteriores resultarem negativas (Figura 34, linha 29), significa que o termo não está no léxico e nem no DeCS, então o mesmo deve ser verificado manualmente por um especialista, antes de ser inserido no léxico. Neste caso o algoritmo insere a palavra-chave na classe `novo_termo`, caso ela ainda não exista nesta classe.

O procedimento sugere indexação (Figura 34, linha 35), registra os seguintes conhecimentos na ontologia:

- termos que foram solicitados nas pesquisas, conhecidos no léxico, mas não estão associados a documentos;
- termos que foram solicitados nas pesquisas, desconhecidos no léxico porém conhecidos no DeCs, então inseridos no léxico.

Esse conhecimento auxilia especialistas a conhecerem o contexto de uso das palavras usadas para indexar documentos mais adequadamente.

5.6. Considerações finais

Este capítulo apresentou o desenvolvimento do protótipo com o objetivo de validar as técnicas adotadas no modelo proposto. Para facilitar a compreensão, descrevemos os componentes implementados bem como suas funcionalidades em uma linguagem de alto nível. Os diagramas de classes e de sequências referentes ao código do protótipo são apresentados no Apêndice B.

Considerando a contínua e acelerada evolução das tecnologias, o estudo será fundamentado nos princípios que as envolvem e não necessariamente na sua implementação. Portanto, o protótipo foi implementado com simplificações necessárias, a fim de se ajustar a complexidade do tema e aos recursos disponíveis.

Quanto a tecnologia de computação móvel e *cache* semântico cabem as seguintes considerações: não abordamos o gerenciamento de dados e processamento de consultas no servidor e desconsideramos outros problemas técnicos característicos do ambiente móvel tais como: *handof*, gerência de transações móveis, tecnologia GPS, modelos de mobilidade e os efeitos de atualizações dos dados no servidor.

Quanto a ontologia proposta, ela aborda o domínio relacionado aos documentos usados no SAMU. O desenvolvimento detalhado de uma ontologia para o setor fazem parte dos objetivos futuros desta pesquisa.

O capítulo seguinte apresenta os testes experimentais realizados e os resultados obtidos.

CAPÍTULO 6 - TESTES E RESULTADOS EXPERIMENTAIS

6.1. Introdução

A realização de experimentos é apropriada para avaliar a predição de modelos e verificar a previsão teórica de encontro com a realidade (TRAVASSOS et al., 2002). A principal característica da técnica de experimentos encontra-se no controle total sobre o processo e nas variáveis e também na possibilidade de ser repetido.

Uma vez implementado o protótipo, realizamos experimentos com o propósito de verificar seu comportamento e a conformidade com o modelo teórico. Os experimentos foram elaborados no sentido de verificar as propriedades principais do modelo proposto, a recuperação e comunicação efetiva de informação e conhecimento no domínio da saúde.

Os experimentos consideraram variáveis quantitativas, tais como o consumo de bateria, taxa de acertos e o tempo de resposta na recuperação de informação e também variáveis qualitativas, como o comportamento do protótipo ao analisar os termos para extrair conhecimento no domínio de emergência.

Nos primeiros experimentos buscamos estudar o desempenho das técnicas adotadas no modelo quanto ao aspecto de semântica de *cache*. Uma vez verificada a eficiência do protótipo sob o aspecto computacional, estudos de casos foram realizados visando buscar e verificar se os resultados esperados em relação ao desenvolvimento do conhecimento no domínio foram alcançados. As seções seguintes descrevem o ambiente experimental e os experimentos realizados.

6.2. Descrição do ambiente experimental

O ambiente experimental foi projetado visando espelhar o mais próximo possível uma configuração real do SAMU. Desta forma, conforme ilustra a figura 35, o ambiente é composto por um servidor fixo que é acessado por um dispositivo portátil através de rede *wireless LAN* (WLAN). O servidor usado nos testes tinha a seguinte configuração: processador Intel Core 2 Duo T5250, 1.5GHz, 1GB de memória e Sistema Operacional Ubuntu 9.04.

O dispositivo portátil utilizado para os testes possuía a seguinte configuração: Palm Tungsten C, processador 400 MHz, memória 64 MB

e sistema operacional Palm OS 5.2.1. Os recursos de hardware e software foram dedicados exclusivamente para a execução dos experimentos.

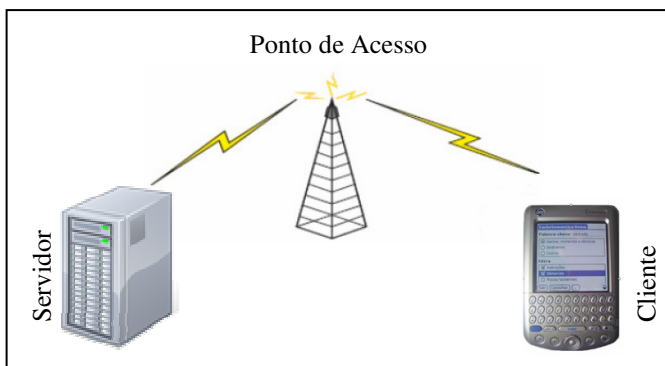


Figura 35: Ambiente experimental.

Para mensurar o consumo da bateria, foi utilizado o software *BatteryGraph*, versão 1.21 (WITTEMAN, 2003). O *BatteryGraph* é um programa para monitoramento de bateria, compatível com o dispositivo Palm Tungsten C. O consumo de bateria é apresentado com base na voltagem mV (milivolt). Entre outras funcionalidades, este programa apresenta estatísticas sobre o consumo de bateria em um dado período de tempo. Os experimentos realizados basearam-se em roteiros com diferentes consultas que simulam um usuário utilizando a aplicação de busca no dispositivo portátil. Em cada rodada de experimentos, iniciou-se com a bateria do dispositivo com carga completa e, ao término do período de tempo, foi verificado o consumo de bateria.

Além de realizar consultas por palavra-chave, foram desenvolvidas algumas funcionalidades, ilustradas no diagrama da Figura 36, para facilitar a análise do comportamento do protótipo. A funcionalidade “realiza consulta” inicia uma busca com os parâmetros informados pelo usuário. Para os experimentos que verificam o tempo de consulta e consumo de bateria, foi elaborado um roteiro de consultas, que pode ser acionado por meio da funcionalidade “executa roteiro”. A opção “limpar cache” é usada no início dos experimentos para excluir todos os dados em *cache*, enquanto que a opção “visualiza cache” apresenta na tela do dispositivo o conteúdo em *cache*.

O “tempo da última consulta” é usado ao término de um experimento para apresentar o tempo total de execução de uma consulta, enquanto que “carrega tempo do roteiro” apresenta o tempo total para

execução de um roteiro de consultas. A “taxa de acertos” calcula a quantidade de respostas obtidas em *cache*, que pode ser apresentada na tela pela funcionalidade “carrega taxa de acertos”.

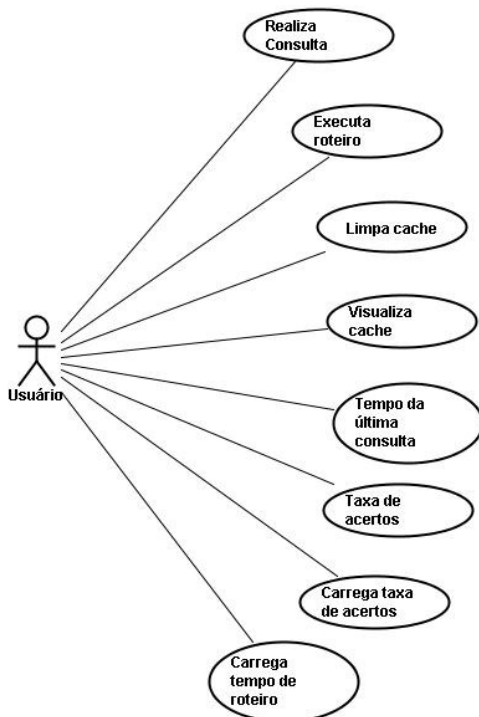


Figura 36: Diagrama de caso de uso: funcionalidades no protótipo.

As instâncias na ontologia foram inseridas manualmente com a ferramenta Protégé. Os resultados das alterações produzidas pelos experimentos foram visualizados também com a mesma ferramenta. As seções seguintes apresentam os experimentos realizados.

6.3. Primeiro experimento

Um fator importante a ser considerado no projeto e desenvolvimento de aplicações para dispositivos portáteis é reduzir o risco do usuário ser surpreendido pela falta de bateria. Prolongar o tempo de vida da bateria dos dispositivos contribui com a disponibilidade de informação e comunicação durante o atendimento médico.

O maior objetivo de um sistema de *cache* em um ambiente de computação móvel é prover disponibilidade de dados em caso de desconexões e possibilitar a reutilização dos dados. Adicionalmente, a técnica de *cache* possibilita que vários recursos do sistema sejam poupados, como a bateria dos equipamentos, o uso da rede e o processamento no servidor. Em adição, espera-se que o desempenho do servidor seja melhorado uma vez que não será requisitado para efetuar tarefas desnecessárias, já que as mesmas podem ser efetuadas localmente nos dispositivos móveis. Neste sentido, adotamos nesta tese a técnica de *cache* semântico, para reduzir o acesso à rede sem fio e tornar o cliente móvel mais autônomo, sendo capaz de responder consultas locais sem se comunicar com o servidor.

Neste experimento buscamos verificar a capacidade do protótipo em recuperar documentos e, também, estudar o consumo de bateria no dispositivo portátil. Para verificar os ganhos obtidos comparamos o uso da técnica de *cache* semântico com um modelo tradicional de *cache*, denominado *cache* de objetos. A principal diferença entre essas técnicas é que o *cache* de objetos não possui informação semântica extra anexada aos dados em *cache*. Isto significa que uma consulta só é reutilizada no caso de uma nova consulta ser idêntica a anterior. A informação extra do *cache* semântico contribui com a reutilização dos dados (*cache hit*) e assim possibilita a redução do consumo de bateria (MANICA et al., 2009b).

O tamanho do *cache* foi limitado para 50 segmentos no modelo proposto e 50 objetos para o modelo de objetos. Propositamente configuramos o protótipo de forma que o *cache* seja insuficiente para armazenar os dados de todas as consultas. Desta forma, sempre são necessários acessos ao servidor. A política de substituição adotada é a LFU (*Least Frequently Used*).

No início de cada experimento o *cache* esteve vazio. Por meio da aplicação *BatteryGraph*, verificamos a porcentagem de bateria e a quantidade de carga (medida em mV – milivolt) antes de iniciar cada experimento.

O consumo de bateria foi medido com a execução iterativa de um roteiro elaborado com 15 diferentes tipos de consultas durante um período de 10 minutos. Executamos três vezes o mesmo experimento no protótipo para cada modelo de *cache* (semântico e de objetos). Verificamos a taxa de acertos (*cache hit*), a quantidade de consultas executadas e o nível da bateria após a execução. Os resultados obtidos, ilustrados na Tabela 8, referem-se à média das três execuções.

Tabela 8: Consumo de bateria e *cache hit* em 10 minutos

| | <i>Cache Semântico</i> | <i>Cache de Objetos</i> |
|--------------------|------------------------|-------------------------|
| Total de consultas | 10.052 | 1.255 |
| Taxa de acertos | 97.62 % | 66.77 % |
| Consumo de bateria | 40 mV | 70 mV |

Realizamos uma nova rodada de experimentos aumentando o tempo para 20 minutos e verificamos que o resultado foi proporcional para ambos os tipos de *cache*, isto é, dobrou o número de consultas e o consumo de bateria, enquanto que a taxa de acertos continuou praticamente a mesma. Adicionalmente, observamos que devido à alta taxa de acerto de dados em *cache* proporcionada no modelo de *cache* semântico, a quantidade de consultas executadas foi aproximadamente oito vezes maior em relação ao *cache* de objetos. Mesmo assim, o consumo de bateria no modelo com *cache* semântico foi menor (40 mV) em relação ao experimento com *cache* de objetos (70 mV).

6.4. Segundo experimento

No estudo de caso anterior, o consumo de bateria e a taxa de acerto foram observados conforme o tempo de execução (10 e 20 minutos). Neste experimento também buscamos observar o consumo de bateria e a taxa de acerto em relação ao número de consultas executadas.

Os testes foram realizados da mesma forma que no primeiro estudo de caso. Entretanto, o roteiro de consultas foi executado iterativamente até atingir um total de 5.000 consultas executadas. Para medir a quantidade de consultas respondidas em *cache* e as solicitadas ao servidor acrescentamos no protótipo uma classe responsável por monitorar a execução das consultas e contabilizar o tempo e a quantidade de consultas respondidas em *cache* e no servidor. Cada filtro utilizado foi considerado como uma consulta. Por exemplo, uma consulta com três filtros selecionados, foi considerada como três consultas simples.

O gráfico da figura 37 ilustra os resultados obtidos comparando os modelos de *cache* semântico e de objetos, em relação à quantidade de consultas respondidas com dados em *cache*. Observamos que o uso do *cache* semântico propiciou ganhos expressivos em relação ao modelo tradicional de *cache* de objetos.

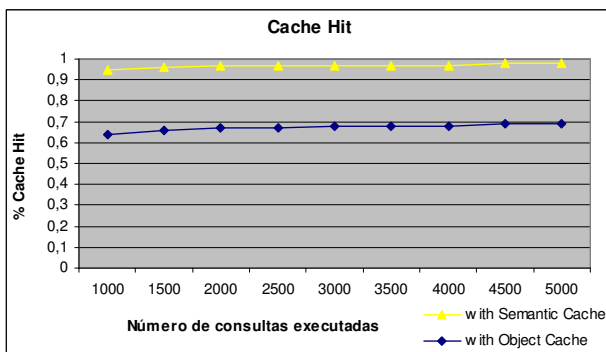


Figura 37: Porcentagem de acertos. Fonte: (MANICA et al., 2009b).

A porcentagem de *cache hit* ilustrada no gráfico da figura 37 representa o número de consultas respondidas no *cache* em relação ao total de consultas executadas. Inicialmente, o *cache* está vazio, portanto para as primeiras consultas o *cache hit* é zero.

Como esperado, observamos que, conforme aumenta a quantidade de consultas, o *cache hit* estabiliza. Isso ocorre devido ao fato do ciclo das consultas serem sempre o mesmo e a política de substituição é aplicada sempre que o limite do tamanho do *cache* é atingido.

O gráfico da figura 38 ilustra os resultados obtidos em relação ao consumo de energia da bateria. Observamos que o *cache* semântico propiciou economia de bateria em relação ao modelo de objetos.

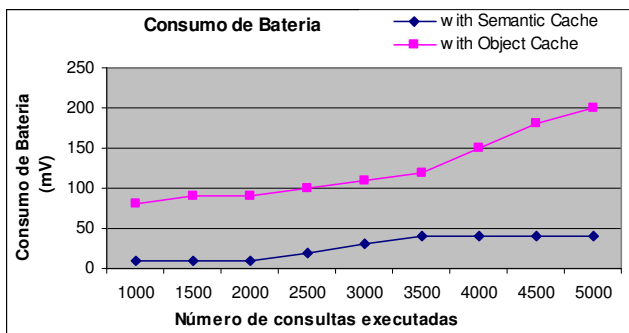


Figura 38: Consumo de bateria. Fonte: (MANICA et al., 2009b).

6.5. Terceiro experimento

No ambiente de emergência médica, o tempo de resposta de uma consulta no sistema também é um parâmetro importante. Assim, neste experimento verificamos o tempo de resposta das consultas nos modelos com *cache* semântico e sem o uso de tal técnica.

O tempo de resposta refere-se ao período de tempo transcorrido desde a solicitação da consulta até a apresentação da resposta para o usuário. Conforme descrito no capítulo 5, o protótipo possui um mecanismo que registra e permite ao usuário consultar o tempo de resposta da última consulta executada.

O protótipo foi instalado no dispositivo portátil, com o objetivo de verificar seu funcionamento em uma máquina real que pode ser integrada ao fluxo de trabalho dos profissionais em emergência médica. Diferente dos experimentos anteriores, as 15 consultas foram executadas manualmente através da interface do Palm, dispositivo portátil usado nos testes. Após a execução de cada consulta, anotamos manualmente seu tempo de resposta. Realizamos três execuções de cada consulta nos dois modelos de *cache* considerados. Os resultados obtidos, ilustrados no gráfico da Figura 39, referem-se à média das três execuções.

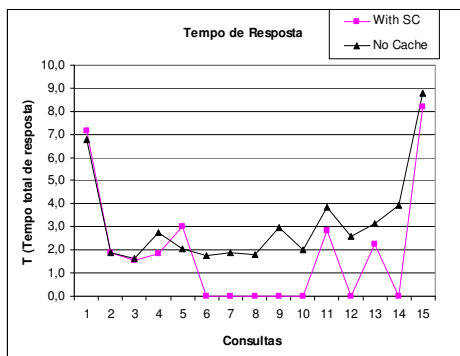


Figura 39: Tempo de resposta. Fonte: (MANICA et al., 2009a).

Observamos que até a quinta consulta, os tempos foram aproximadamente semelhantes para os dois modelos. Em alguns casos, os tempos de consulta no modelo com *cache* foi maior. Esse resultado era esperado, visto que enquanto o dispositivo não usava o *cache*, seu comportamento é semelhante ao modelo sem *cache*. Nestes casos, a diferença de tempo pode ter ocorrido devido a vários fatores

relacionados à rede sem fio tais como o sinal da rede, interferências, taxa de erros, dentre outros. Esses parâmetros não foram observados nos experimentos.

A partir da execução da sexta consulta, quando o *cache* começa a ser utilizado, nota-se uma redução relevante no tempo da consulta.

6.6. Quarto experimento

Neste experimento buscamos verificar a capacidade do modelo proposto em permitir acesso a conhecimento útil para tomada de decisão dos especialistas. Como no teste anterior, optamos por fazer os testes manualmente a partir do dispositivo móvel e observamos os efeitos produzidos na ontologia OWL, ilustrados com a ferramenta Protégé.

O experimento foi elaborado com consultas variadas, que demonstram os principais casos em relação ao comportamento do protótipo ao analisar uma palavra-chave usada na consulta. Para ilustrar os resultados obtidos, apresentamos para cada caso a seguir o estado inicial da ontologia e, respectivamente, a descrição do resultado esperado, a execução do experimento e o estado final das classes em que o experimento produziu alterações. Para os casos descritos a seguir, considere o estado inicial da ontologia, descrito sucintamente na Tabela 9.

Tabela 9: Estado inicial da ontologia.

| Classe | Indivíduos | Propriedades |
|---------------------------|---|---|
| Lexico_UE | | Tem_sinonimo |
| | retirada de veículos eletrocardiografia ... | retirada rapida, ... ECG, desfibrilador, ... |
| | | tem_palavras_chave |
| Gestos_materiais_tecnicas | | |
| | Interpretacao_ecg | eletrocardiografia |
| | ... | |
| DeCS | | Tem_sinonimo |
| | eletrocardiografia | ECG, EKG |
| | exaustão por calor | Prostração devido ao calor, ... |
| | ... | |

6.6.1. Primeiro estudo de caso

Este é o cenário mais simples, em que o termo usado como palavra-chave na consulta é conhecido na ontologia. O comportamento esperado é que o protótipo apresente ao usuário a resposta da consulta

ou informe que não existem documentos relacionados ao termo. Se não tiver documentos relacionados, espera-se que esse fato seja registrado como uma indexação sugerida. Essa informação é relevante, pois revela a necessidade de documentos para uma determinada palavra-chave que esta sendo solicitada e não está relacionada a nenhum documento. Conhecendo essa informação, especialistas podem tomar providências, quer seja relacionando o termo a um documento já existente ou criando um novo documento sobre o assunto solicitado.

Para ilustrar as consultas executadas neste estudo de caso, considere Q1 e Q2, sendo:

Q1: “Selecionar gestos com indicações e materiais relacionadas à palavra-chave eletrocardiografia”.

Q2: “Selecionar técnicas relacionadas à palavra-chave retirada de veículos”.

Conforme a tabela 9, para Q1 existe a rotina Interpretacao_ecg relacionada com a palavra-chave eletrocardiografia. Os documentos esperados como resposta desta consulta são *ecg_indicações* e *ecg_materiais*. A Figura 40 (a) ilustra a interface da execução da consulta Q1, enquanto a Figura 40 (b) e (c) ilustram os resultados obtidos.

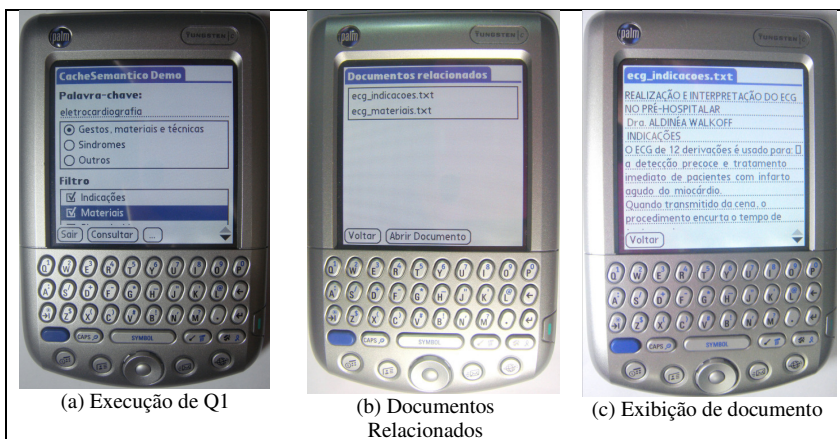


Figura 40: Ilustração do experimento para Q1.

Como o termo é conhecido na ontologia e retornou documentos, o efeito na ontologia ocorre apenas em relação à atualização da frequência de uso dos documentos. O parâmetro frequência de uso é

uma informação interessante para gestores em saúde. Se a frequência de consultas a documentos utilizando um determinado descritor for demasiadamente alta, pode indicar uma epidemia ou ainda que os profissionais possuem dúvidas sobre o tema. Neste caso, cabe aos órgãos competentes tomar ações no sentido de propor treinamentos aos profissionais.

A consulta Q1 resultou em dois documentos que são armazenados em *cache* no dispositivo móvel juntamente com sua descrição semântica. A Figura 41 ilustra o segmento semântico para um documento retornado com Q1.

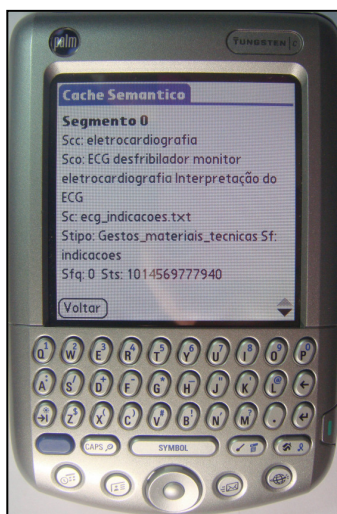


Figura 41: Ilustração de um segmento semântico.

Com a descrição semântica novas consultas com termos sinônimos conhecidos pela ontologia podem ser respondidas localmente. Para ilustrar essa situação considere o seguinte exemplo. Após executar Q1, mais tarde, o usuário solicita uma nova consulta, idem Q1, porém com o termo *desfibrilador* no lugar de *eletrocardiografia*. Essa última consulta é respondida imediatamente sem necessidade de comunicação com o servidor. Conforme apresentado nos experimentos anteriores, a descrição semântica permite melhorar o desempenho da consulta.

Considerando Q2, conforme a tabela 9, o termo *retirada* de veículos é conhecido na ontologia, porém não existem documentos relacionados a ele. Neste caso, espera-se que o protótipo apresente uma

mensagem informando ao usuário e acrescente essa informação na classe indexação sugerida. Conforme ilustra a Figura 42, o protótipo executou a sugestão de indexação na classe IndexacaoSugerida. Entre outros, essa classe armazena conhecimento sobre os termos que estão na ontologia, porém não estão associados a nenhum documento.

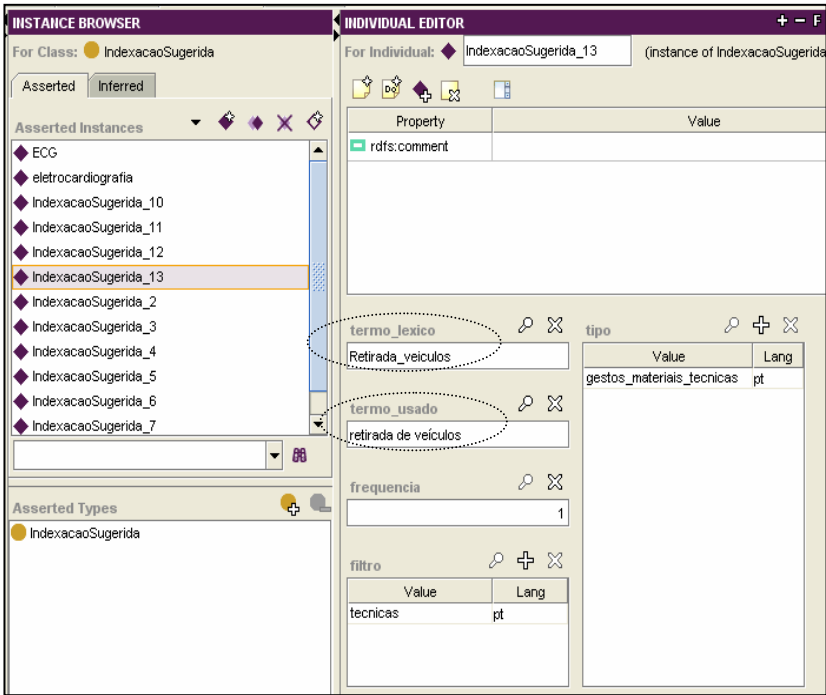


Figura 42: Efeito da execução de Q2 na classe IndexacaoSugerida.

Neste experimento observamos que para o termo usado na consulta (*retirada de veículos*) foi encontrado um termo relacionado no léxico (*Retirada_veiculos*). Essa informação indica a necessidade de indexação do termo Retirada_veiculos à algum documento. Portanto, um especialista responsável por esta tarefa deverá fazer essa indexação manualmente.

Caso não exista documento relacionado, o especialista fica ciente da necessidade de desenvolvimento de um novo documento sobre o tema. Nesse último caso, a frequência de uso do termo contribui para a decisão se o tema é relevante ou não.

6.6.2. Segundo estudo de caso

Neste cenário de teste, o termo usado como palavra-chave na consulta é desconhecido na ontologia, porém, ele é reconhecido no DeCS. O comportamento esperado é que o protótipo acrescente automaticamente o termo identificado no DeCS na classe Lexico_UE.

Considerando que o sistema de busca é utilizado por vários profissionais atuando de forma distribuída em diferentes regiões geográficas, se uma palavra-chave esta sendo frequentemente utilizada nas consultas, significa que ela faz parte do vocabulário “falado” dos profissionais. Neste caso ela poderá ser inserida na ontologia como um novo descritor ou mesmo como um sinônimo para um descritor já existente.

Uma palavra-chave pode ser reconhecida no DeCS de duas formas, como um descritor ou como um sinônimo de um descritor. Se for reconhecida como descritor, um novo elemento (termo) é criado na classe Lexico_UE.

Caso a palavra-chave for reconhecida como sinônimo de um descritor do DeCS, o protótipo primeiro verifica se esse descritor já existe no léxico. Se existir, a palavra-chave é inserida na propriedade `tem_sinonimo` do elemento relacionado.

Para ilustrar as consultas executadas neste estudo, considere Q3 e Q4, sendo:

Q3: “Selecionar gestos com técnicas relacionadas à palavra-chave EKG”.

Q4: “Selecionar técnicas relacionadas à palavra-chave Exaustão por Calor”.

Considerando Q3, conforme a Tabela 9, a classe Lexico_UE desconhece a palavra-chave EKG, apesar de, conforme o DeCS, ela ser um sinônimo de eletrocardiografia. Como o termo eletrocardiografia já existe no léxico, espera-se que o protótipo acrescente a palavra-chave EKG aos sinônimos de eletrocardiografia e então dispare uma nova consulta. Uma vez que agora a ontologia tem conhecimento de que EKG é um sinônimo de eletrocardiografia, a consulta é executada normalmente para um termo conhecido na ontologia.

Após a execução de Q3, conforme ilustra a Figura 43 (a) e (b), o protótipo retornou os documentos adequadamente. A Figura 44 ilustra a atualização do individuo eletrocardiografia com o novo sinônimo EKG, descoberto após a execução da consulta Q3.

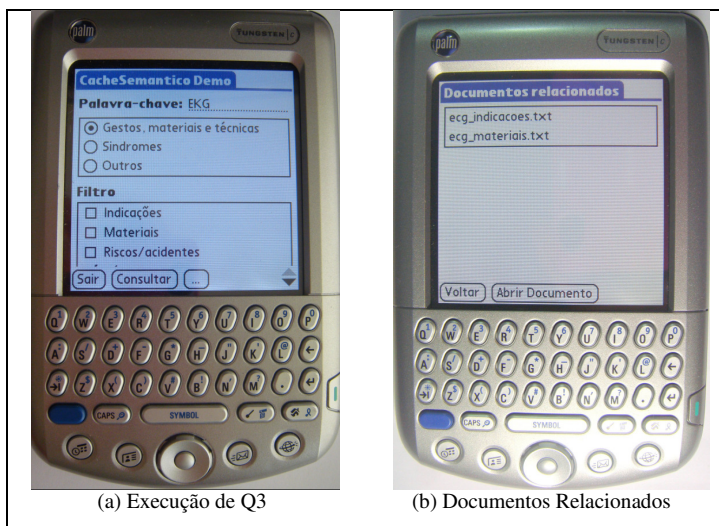


Figura 43: Ilustração do experimento para Q3.

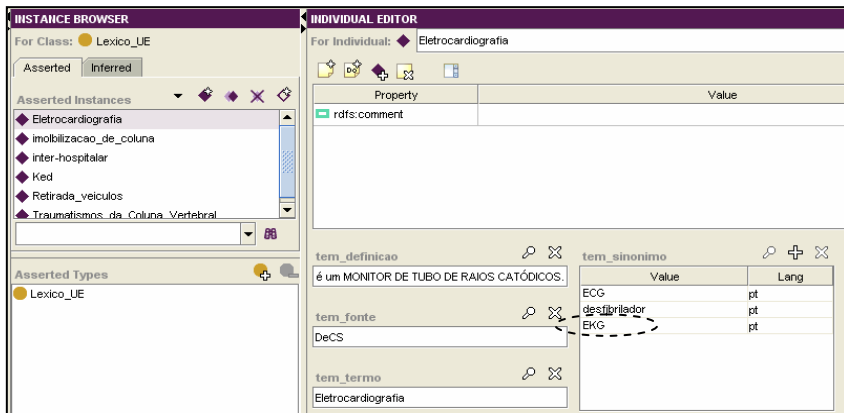


Figura 44: Atualização do léxico com o termo EKG.

O experimento executado com a consulta Q3 demonstra uma característica importante do protótipo, a capacidade de expandir uma consulta para um termo sinônimo, ampliando assim a possibilidade de comunicar o conhecimento no momento em que foi solicitado. Em outras palavras, o modelo permite recuperar documentos mesmo quando

o usuário usa uma palavra-chave desconhecida na ontologia local, desde que a mesma seja reconhecida no DeCS.

No experimento, considerando Q4, conforme a Tabela 9, a classe Lexico_UE também desconhece o termo Exaustão por Calor. Da mesma forma que no estudo anterior, o modelo busca no DeCS essa informação, porém, neste caso encontra um descritor para o termo Exaustão por Calor. Assim, conforme o modelo, o comportamento esperado é que o termo Exaustão por Calor seja adicionado como um novo individuo da classe Lexico_UE e também seja registrado seu uso na classe IndexacaoSugerida.

Conforme ilustram as Figuras 45 e 46, o protótipo executou os procedimentos esperados adequadamente. Na Figura 45 ilustramos os efeitos produzidos após a execução de Q4 em relação ao a inserção do novo termo na classe Lexico_UE. O termo exaustão por calor foi inserido na ontologia como um novo indivíduo. Na Figura 46 ilustramos os efeitos produzidos após a execução de Q4 em relação a classe IndexacaoSugerida.

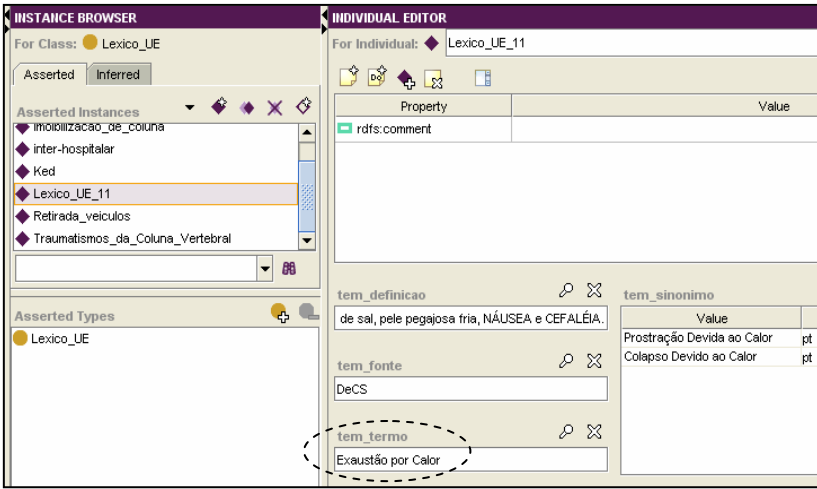


Figura 45: Efeitos na classe Lexico_UE após execução da consulta Q4.

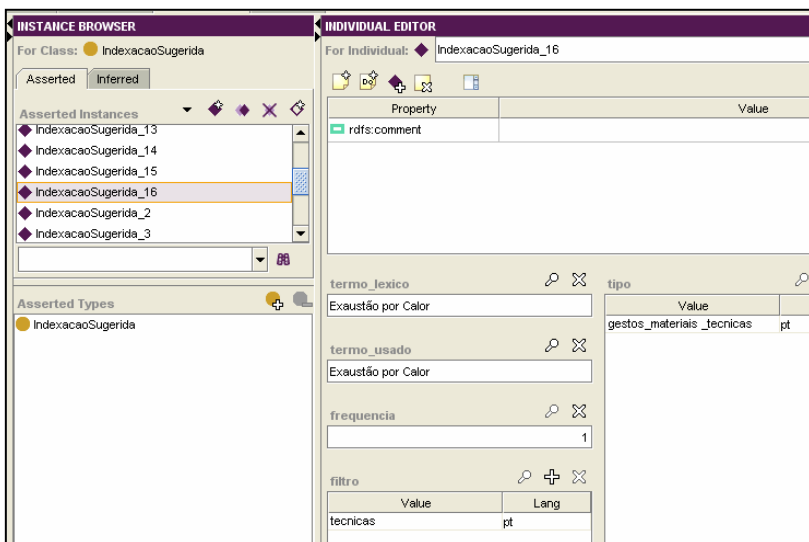


Figura 46: Efeitos na classe IndexacaoSugerida após execução da consulta Q4.

Observamos que para a palavra-chave usada na consulta (Exaustão por Calor) foi encontrado um descritor no DeCS (Exaustão por Calor), então o descritor foi inserido no léxico e o fato foi registrado na classe IndexacaoSugerida. Assim, um especialista responsável deverá indexar documentos manualmente com a palavra Exaustão por Calor. Caso não exista documento relacionado no momento, o especialista fica ciente da necessidade de desenvolvimento de um novo documento sobre o tema. Nesse último caso, a frequência de uso do termo contribui para a decisão se o tema é relevante ou não.

Os experimentos realizados neste estudo de caso mostram que o modelo proposto contribui para que a terminologia se mantenha atualizada de forma automática e transparente aos especialistas. Conforme as consultas são executadas, a terminologia é atualizada sem interferir na rotina dos profissionais. Assim, o modelo proposto reduz a necessidade de intervenção humana para atualização da terminologia no domínio.

6.6.3. Terceiro estudo de caso

Para a recuperação de informação, este é o pior cenário, quando o especialista utilizou um termo desconhecido na ontologia e no DeCS. Neste caso não é possível identificar documentos, então o novo termo deve ser registrado separadamente, para que mais tarde o especialista verifique a relevância desse termo para o domínio.

Para ilustrar as consultas executadas neste experimento, considere Q5, sendo: Q5: “Selecionar gestos com técnicas relacionadas à palavra-chave eletrodo”.

Em Q5 o termo é desconhecido na ontologia e no DeCS (conforme a Tabela 9). Neste caso espera-se que a palavra-chave eletrodo seja adicionada como um novo indivíduo na classe Novo_termo.

A execução da consulta no dispositivo portátil bem como os efeitos produzidos na ontologia são ilustrados, respectivamente na Figura 47 (a) e (b). Verificamos que o protótipo executou os procedimentos esperados adequadamente, ou seja, como a palavra-chave eletrodo não foi encontrada na ontologia local e nem no DeCS, ela foi inserida em uma classe temporária (Novo_termo).

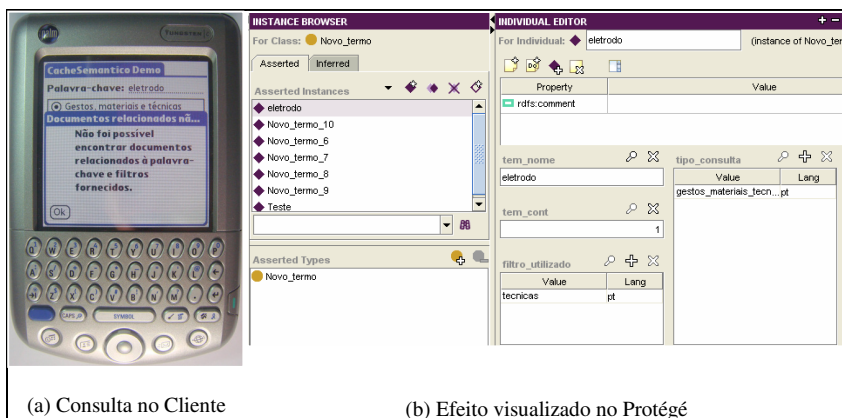


Figura 47: Ilustração do experimento para Q5.

A classe Novo_termo também registra conhecimento útil para gestores em saúde. Pela propriedade tem_cont é possível saber o quanto um novo termo esta sendo usado por especialistas. Neste caso, fica

explícito não somente a quantidade de uso do termo mas também o contexto do seu uso através do filtro utilizado e o tipo de consulta.

A adoção de uma classe temporária contribui com a instanciação segura de novos termos na terminologia, pois indivíduos dessa classe não foram aprovados no DeCS, neste caso devem ser examinados por um especialista humano.

6.7. Considerações sobre os experimentos e estudos de casos

Neste capítulo, pode-se observar o comportamento do protótipo construído com base no modelo proposto nesta pesquisa. A execução dos experimentos ajudou a verificar se os componentes do modelo estavam coerentes e contribuíam para que os objetivos propostos fossem alcançados. Enquanto o sistema era implementado e testado, algumas alterações no modelo e na ontologia precisaram ser feitas. Adicionalmente, com a execução dos experimentos podemos identificar muitas extensões para o modelo proposto.

Analisando os resultados obtidos, foi possível notar o sucesso alcançado tanto no uso da técnica de *cache* semântico para melhorar a comunicação e recuperação de documentos, como nas etapas de extração de conhecimento sobre a terminologia no domínio de emergência.

Os experimentos cujo objetivo era estudar o consumo de bateria e acertos em *cache* foram executados através do simulador. Para os demais experimentos, o protótipo foi implantado em um dispositivo móvel e os testes foram executados manualmente para verificar seu funcionamento em uma máquina real.

A técnica de *cache* semântico, apesar de utilizar espaço extra na memória do dispositivo móvel, mostrou-se vantajosa para o ambiente de emergência, onde o tempo de resposta é essencial para melhorias no atendimento. Adicionalmente, o *cache* semântico permite recuperar informação em locais onde não se tem acesso à rede ou a conexão é instável. Observamos que o custo de manutenção do *cache* é compensado com reduções significativas no tempo de resposta e no consumo de bateria.

Por outro lado, observamos que para ampliar os benefícios da técnica de *cache* semântico, são necessárias melhorias no protótipo em relação à coerência da *cache* com as informações no servidor. Uma vez que a ontologia no servidor aprende um novo termo, o modelo atual não atualiza o *cache* dos dispositivos móveis. Esse fato não influenciou nos experimentos realizados pelo fato de limitarmos o tamanho da memória

para 50 segmentos, o que fez com que o *cache* fosse constantemente renovado com a constante execução da política de substituição. Porém, se considerarmos o fato que o espaço de memória disponível nos novos equipamentos cresce a cada dia, o uso de uma política de coerência de *cache* adequada proporcionará melhorias no modelo.

Sobre o desenvolvimento da terminologia no domínio, observamos por meio dos experimentos que o modelo permite manter a ontologia atualizada de forma semiautomática. Palavras novas no vocabulário dos especialistas, porém desconhecidas pelo DeCS, devem ser indexadas manualmente. Essa necessidade de interação humana é essencial para garantir a evolução consistente do vocabulário controlado. Entretanto, essa forma manual pode ser usada em conjunto com técnicas de indexação automatizadas, por exemplo, as palavras identificadas e aceitas por um especialista humano pode ser um parâmetro para varrer a base de conhecimento em busca de documentos à serem indexados automaticamente.

CAPÍTULO 7 - CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Nesta pesquisa foram abordados problemas relacionados à recuperação e comunicação de conhecimento na área de urgência e emergência médica. Verificamos a necessidade de acesso a documentos para apoio à tomada de decisão clínica para profissionais que realizam atendimentos emergenciais, principalmente, àqueles que atuam fora dos hospitais.

Ressaltou-se a dificuldade sobre o acesso ao conhecimento junto aos profissionais móveis, que tomam decisões sob estresse, limitações de tempo e diretamente no ponto de atendimento. Observamos que a adoção de sistemas de conhecimento em dispositivos portáteis nesse ambiente, proposta de forma que introduza poucas alterações na rotina dos profissionais, além de apoiar a decisão clínica, contribui com a identificação de conceitos importantes para o domínio.

Com base nessas constatações, foi definido o objetivo principal, que, resumidamente, focou na aplicação da tecnologia de computação móvel associada às técnicas de ontologia e *cache* semântico para promover melhorias na indexação e recuperação de documentos em atendimentos de emergência.

Diante disto, esta pesquisa direcionados aos desafios da utilização de dispositivos móveis na recuperação de documentos. Inicialmente, realizou-se uma extensa revisão bibliográfica sobre o assunto, que possibilitou identificar as principais limitações na área. Observou-se que os métodos normalmente usados para recuperação de documentos com a utilização de computadores fixos não são adequados para profissionais que atuam no ambiente de emergência.

A revisão bibliográfica iniciou com o tema sobre a utilização de dispositivos móveis em saúde, abordando suas limitações e possíveis técnicas para reduzir os efeitos da portabilidade e mobilidade dos dispositivos. Verificamos que o uso de dispositivos móveis pelos profissionais da saúde tem crescido substancialmente ao longo dos últimos anos. A pesquisa na literatura mostrou que a possibilidade de acesso imediato à informação médica tem potencial de melhorar a assistência ao paciente, além de contribuir com a aprendizagem de estudantes e profissionais. Em especial, dispositivos portáteis são essenciais para atendimentos realizados fora dos hospitais, onde o acesso a informações é dificultado principalmente pela ausência da infra-estrutura necessária. Entretanto, dispositivos móveis possuem restrições que podem ser aliviadas com o uso da técnica de *cache*

semântico. Com o estudo de tal técnica em dispositivos portáteis, identificamos uma solução favorável a aplicações na área de emergência médica, onde profissionais trabalham em constante movimento e com recursos limitados.

Em seguida, realizamos um estudo sobre o ciclo do conhecimento em saúde, incluindo a técnica de ontologia com foco no desenvolvimento de sistemas terminológicos e descritores em saúde. Verificamos junto a especialistas do domínio que o descritor em saúde usado no Brasil (DeCS) não é completo para a área de urgência e emergência, pois a mesma não é reconhecida como uma especialidade médica ou de enfermagem. Esse fato torna inviável o uso exclusivo do DeCS para indexar e pesquisar documentos em bases de conhecimento na área de emergência médica. Adicionalmente, constatamos que a indexação de documentos deve considerar também a linguagem falada, isto é, ser compreensível, intuitiva e adequada à rotina diária dos profissionais da saúde para melhorar a precisão na busca de informações.

Por meio do estudo do ambiente de emergência, junto aos especialistas do Sistema de Atendimento Móvel de Urgências e Emergências (SAMU), observamos que a identificação de terminologia não é uma atividade simples, mesmo quando realizada com acompanhamento do engenheiro de conhecimento. Normalmente, os termos a serem identificados estão associados às emoções e ao contexto específico do atendimento médico, que ocorrem em momentos nos quais o engenheiro não se encontra presente.

As visitas ao SAMU e as discussões com especialistas no domínio foram fundamentais para delimitar o escopo da pesquisa e focar seus objetivos, pois compreendemos o que é e o que ainda não é possível fazer em função da atual estruturação do sistema de emergência brasileiro.

Durante o período de estudo de trabalhos correlatos não encontramos pesquisas com mesmos objetivos desta tese ou que abordaram a combinação das técnicas de ontologia, *cache* semântico e dispositivos móveis para recuperação e comunicação de conhecimento em saúde, o que caracteriza a originalidade da pesquisa.

Com relação aos objetivos propostos, pode-se concluir que eles foram alcançados com o modelo proposto e o estudo do protótipo implementado. A subseção seguinte descreve as principais contribuições da pesquisa, que foram apresentadas em Manica *et al.* (2007a), (2007b), (2008a), (2008b), (2009a), (2009b), (2009c), (2009e).

7.1. Contribuições da pesquisa

A principal contribuição desta tese é a proposta de um modelo diferenciado para indexação e recuperação de conhecimento em atendimento de emergências com a utilização de dispositivos móveis. O uso desses dispositivos proporciona maior acesso à melhores práticas, procedimentos e técnicas padronizadas que orientam os profissionais no atendimento de pacientes, promovendo a internalização de experiências e melhorando a transferência do conhecimento explícito entre as pessoas.

A forma de recuperação e indexação de documentos proposta permite a extração de termos da linguagem natural dos especialistas enquanto os mesmos realizam consultas aos documentos que auxiliam na tomada de decisão. Assim, o modelo propicia o desenvolvimento de uma terminologia atualizada no domínio, que pode ser usada tanto para melhorar a indexação dos documentos como em outras aplicações que necessitam de vocabulário na área de emergência médica. O conhecimento no domínio é expresso com a técnica de ontologia, que tem se destacado por auxiliar a troca de informações entre sistemas computacionais e no desenvolvimento de novas aplicações como prontuário eletrônico, uma segunda opinião diagnóstica, sistemas de suporte a decisão clínica, dentre outros.

O uso de dispositivos portáteis viabiliza a execução de consultas aos documentos em qualquer hora e local de atendimento, facilitando o acesso ao conhecimento principalmente para aqueles profissionais que atuam fora dos hospitais.

Conforme especialistas consultam documentos, a ontologia é atualizada automaticamente com informações seguras providas do DeCS. Assim, a terminologia se mantém atualizada de forma automática, sem interferir na rotina dos profissionais, de forma que reduz a necessidade de intervenção humana para atualização da terminologia no domínio. Por outro lado, a proposta de uma classe temporária com termos que não foram encontrados no DeCS contribui com a instanciação segura de novos termos, pois estes deverão ser examinados manualmente por um especialista humano antes de serem inseridos na terminologia.

Recuperar documentos em dispositivo móvel significa submeter consultas às variações de recursos do dispositivo portátil e da conectividade sem fio, num ambiente sujeito às desconexões que comprometem as funções disponibilizadas aos usuários. Para melhorar o desempenho das consultas neste ambiente, propomos um modelo de

cache semântico, cuja descrição semântica dos dados é obtida na ontologia local. Quanto mais abrangente e atualizada estiver a ontologia, melhor é a descrição semântica dos documentos em *cache*, o que contribui com melhorias significativas no desempenho das consultas, tanto na redução de tempo de resposta como na redução do consumo de bateria dos dispositivos móveis. Em áreas sem acesso a rede ou em momentos de desconexão, o uso do *cache* permite a execução de consultas, com possibilidade de obter respostas completas ou mesmo parciais.

A atualização da ontologia no modelo proposto também é facilitada, uma vez que os termos usados nas consultas são analisados e usados para indexar os documentos ou mesmo em sugerir indexações necessárias. Desta forma, ficam registrados os termos que estão sendo solicitados e não estão retornando documentos.

A identificação dos termos usados nas consultas a documentos e suas frequências de uso indicam aos gestores em saúde as reais dificuldades dos profissionais durante a prática diária dos atendimentos, sem expô-los. Esse conhecimento auxilia gestores tanto no planejamento de treinamentos mais pontuais às necessidades dos profissionais como no desenvolvimento de novas rotinas médicas.

Outro ponto positivo do modelo é utilização da ontologia em OWL, uma linguagem padrão para o compartilhamento de ontologias na *Web*, que permite a reutilização do conhecimento em outras aplicações no domínio. Também existem inúmeras áreas de pesquisa que necessitam de vocabulário em emergência médica, tais como na captura automática de dados de vigilância sindrômica (LU, 2008) ou numa série de aplicações na área de linguística computacional, com a utilização de tesouros como instrumentos para extração automática de informação a partir de textos (COLEPÍCOLO, 2008).

7.2. Trabalhos futuros

Os experimentos foram realizados em um PDA, sem funcionalidade de telefonia celular. Observamos que o modelo proposto pode ser expandido se utilizado em dispositivo móvel integrado com um sistema de localização (por exemplo, um Sistema de Posicionamento Global - GPS). Como trabalho futuro, pretende-se analisar, junto com especialistas no domínio, a ampliação do modelo para considerar o contexto de localização no sentido de identificar conhecimento relevante, por exemplo, regionalismos linguísticos, áreas onde as consultas são mais solicitadas, dentre outros.

Outra consideração é sobre a indexação dos documentos. Nesta pesquisa optamos por utilizar a técnica de indexação manual. Ampliar o modelo atual com a adição de uma técnica de indexação automatizada é uma estratégia que merece atenção.

Sobre a técnica de *cache* semântico, a introdução de um cache semântico dinâmico e distribuído pode contribuir com a redução de solicitações ao servidor. Verificar os efeitos produzidos no servidor, por exemplo, em relação à redução de solicitações, pode revelar ganhos interessantes. Adicionalmente, como citado anteriormente, a introdução de coerência de *cache* é uma evolução relevante para o modelo proposto.

REFERÊNCIAS

- ABU-HANNA, A. et al. Protégé as a vehicle for developing medical terminological systems. *Int. J. Hum.Comput. Stud*, v. 62, n. 5, p. 639-663, 2005.
- AKOBENG, A. K. Principles of evidence based medicine. *Archives of Disease in Childhood*, BMJ Publishing Group, v.90, p. 837-840, 2005.
- ALAVI, M.; LEIDNER, D. E. Knowledge Management and Knowledge Management Systems: Conceptual Foundations and Research Issues. *MIS Quarterly*, v. 25, n.1, p. 107-136, 2001.
- ALMEIDA, M. B.; BAX, M. P. Uma visão geral sobre ontologias: pesquisa sobre definições, tipos, aplicações, métodos de avaliação e de construção. *Ciência da Informação*, Brasília, v. 32, n. 3, p. 7-20, 2003.
- ANDERSON, J. G. Clearing the way for physicians' use of clinical information systems. *Commun. ACM*, v.40, n.8, p. 83-90,1997.
- BARRA, P. S. C. *Pesquisa na Web usando descritores versus palavra-chave na área de saúde*. 2007. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Informática em Saúde. Universidade Federal de São Paulo, UNIFESP, Brasil.
- BAUMGART, D. C. Personal digital assistants in health care: experienced clinicians in the palm of your hand? *Lancet*, v. 366, n. 9492, p. 1210-1222, 2005.
- BECHHOFFER, S. et al. OWL Web Ontology Language reference. World Wide Web Consortium, November, 2002. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/owl-ref/>>. Acesso em: 20 out. 2008.
- BERRI, J.; BENLAMRI, R.; ATIF, Y. Ontology-based framework for context-aware mobile learning. In: *Proceedings of the 2006 international Conference on Wireless Communications and Mobile Computing*, Vancouver, British Columbia, Canada, p. 1307-1310, July, 2006.
- BIREME. Centro Latino-Americano e do Caribe de Informação em Ciências da Saúde. Biblioteca Virtual em Saúde. Disponível em: <<http://www.bireme.br/php/index.php>>. Acesso em: 03 jun. 2008.

- BODENREIDER O.; STEVENS R. Bio-ontologies: current trends and future directions. *Briefings in Bioinformatics*, v. 7, n.3, p. 256–274, 2006.
- BOOSE, J. H. A survey of knowledge acquisition techniques and tools. *Knowledge Acquisition*, v. 1, n.1, p. 3-37, 1989.
- BORSATO, G. et al. Recuperação de informação em situações de urgência-emergência no atendimento pré-hospitalar. *Revista Eletrônica de Sistemas de Informação*, v. 9, p. 1-10, 2006.
- BORST, P. *Construction of Engineering Ontologies for Knowledge Sharing and Reuse*. PhD thesis, Tweente University, 1997.
- BRANDAU, R.; MONTEIRO, R; BRAILE, D. M. Importância do uso correto dos descritores nos artigos científicos, *Rev Bras Cir Cardiovasc*, v. 20, n.1, p.7-9, 2005.
- BRASIL. Ministério da Saúde. *Política Nacional de atenção às urgências*. Brasília: Ministério da Saúde, 236 p., 2004. Disponível em: <<http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/Politica%20Nacional.pdf>>. Acesso em: 22 jan. 2007.
- BRAUN, L. et al. Towards patient-related information needs. *Int Journal of Medical Informatics*, Elsevier, v. 76, n. 2-3, p. 246-251, 2006.
- BREITMAN, K. K. *Web Semântica: A Internet do Futuro*. Rio de Janeiro: LTC, 2005.
- CAMPOS, M. L. A. et al. O uso de tesauro como base terminológica para a elaboração de ontologias de domínio: uma experiência com o domínio do folclore e cultura popular. In: *Simpósio de Pesquisa em Ontologias no Brasil*, Niterói, 2008.
- COLEPÍCOLO, E. *Epistemologia da Informática em Saúde: entre a teoria e a prática*. 2008. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Informática em Saúde. Universidade Federal de São Paulo, UNIFESP, Brasil.
- CORCHO et al. Building legal ontologies with Methontology and WebODE. *Law and the Semantic Web*, Springer-Verlag, Mar, 2005. Disponível em: <http://www.dia.fi.upm.es/~ocorcho/documents/LawSemWeb2004_CorchoEtAl.pdf>. Acesso em: 01 jan. 2009.

CORCHO, O.; LÓPEZ, M. Fernández; GÓMEZ-PÉREZ, A. Methodologies, tools and languages for building ontologies. Where is their meeting point? *Data & Knowledge Engineering*, v. 46, n. 1, p. 41-64, 2003.

DAR, S. et al. Semantic data caching and replacement. In: *Proceedings of 22th International Conference on Very Large Data Bases*, Mumbai, Índia, p. 330-341, 1996.

DeCS. Descritores em Ciências da Saúde. Disponível em: <<http://decs.bvs.br/>>. Acesso em: 01 mai. 2008.

EGC. Objetivos do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento. Disponível em: <<http://www.egc.ufsc.br/htms/objetivos1.htm>>. Acesso em: 06 out. 2009.

DI MAIO, Paola. An open ontology for open source emergency response system. Disponível em: <http://opensource.mit.edu/papers/TOWARDS_AN_OPEN_ONTOLOGY_FOR_ER.pdf>. Acesso em: 03 de jan de 2007.

DOMINGUE, J. Tadzebao and WebOnto: discussing, browsing and editing ontologies on the web. In: *Proceedings of the 11th Knowledge Acquisition for Knowledge-Based Systems Workshop*, Banff, Canada, 1998. Disponível em: <<http://kmi.open.ac.uk/publications/pdf/kmi-98-12.pdf>>. Acesso em: 13 fev. 2009.

DORAN, D. et al. Evidence in the palm of your hand: development of an outcomes-focused knowledge translation intervention. *Worldviews Evid Based Nurs*, v. 4, n. 2, p. 69-77, 2007.

DUINEVELD, A. J. et al. WonderTools?: a comparative study of ontological engineering tools. *Int. J. Hum.-Comput. Stud*, v. 52, n. 6, p. 1111-1133, 2006.

ELLIZZON, R. F. Pesquisa na área da saúde: 1. Base de dados DeCS (Descritores em Ciências da Saúde). *Acta Cir. Bras.*, v. 19, n. 2, pp. 153-163, 2004.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, M.; GÓMEZ-PÉREZ, A. The integration of OntoClean in WebODE. In: *Workshop on Evaluation of Ontology-Based Tools* (EON2002), Sigüenza, Spain, 2002.

FISCHER S. et al. Handheld computing in medicine. *Journal of the American Medical Informatics Association*, v. 10, n. 2, p. 139-149, 2003.

FURNAS, G. W. et al. The vocabulary problem in human-system communication. *Communications of the ACM*, v.11, n.30, 1987.

GARRITTY C.; EL EMAM, K. Who's using PDAs? Estimates of PDA use by health care providers: a systematic review of surveys. *J Med Internet Res*, v. 8, n. 2, 2006. Disponível em: <
<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?tool=pubmed&pubmedid=16867970>>. Acesso em: 01 ag. 2008.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GRASSO, M. A.; YEN, M. J.; MINTZ, M. L. Survey of handheld computing among medical students. *Computer methods and programs in biomedicine*, Elsevier Scientific Publishers, v. 82, n. 3, p. 196-202, 2006.

GRUBER, T. R. Ontolingua: A Mechanism to Support Portable Ontologies. Reference manual, Knowledge Systems Laboratory, 1992.

GUARINO, N., WELTY, C. A Formal Ontology of Properties. In: *Proceedings of the 12th European Workshop on Knowledge Acquisition, Modeling and Management*, London, UK, p. 97-112, 2000.

HALPERN, P.; WEISMAN, Y.; STEINER, I. P. Development of the specialty of emergency medicine in Israel: comparison with the UK and US models. *Emergency Medicine Journal*, v.21, p. 533-536, 2004.

HAO, X. ; ZHANG, T. ; LI, L. The inter-clause optimization technique in semantic caching query evaluation. *Journal of Information & Computational Science*, v. 2, n.1, p. 27–33, 2005.

HONG, Z. et al. Ontology-based semantic cache in AOKB. *J. Comput. Sci. Technol*, v.17, n.5, p. 657-664, 2002.

HORAN, T. et al. Inductive design and testing of a performance ontology for mobile emergency medical services. *Ontologies*, Springer US, cap. 29, p. 823-839, 2007.

HUMPHREYS B. L.; LINDBERG D. A. The Unified Medical Language System Project. In: *Proceedings of MEDINFO*, Amsterdam, Elsevier, 1992.

- JASPER, R.; USCHOLD, M. A framework for understanding and classifying ontology applications. In: *IJCAI Ontology Workshop*, Stockholm, [S. l. : s. n.], 1999.
- JENA. A Semantic Web Framework for Java. Disponível em: <<http://jena.sourceforge.net/ontology/index.html>>. Acesso em: 12 out 2008.
- JENNEX, M.; OLFMAN, L. A Model of Knowledge Management Success. In: *International Journal of Knowledge Management*, v. 2, n.3, p. 51-68, 2006.
- JONES, D.; BENCH-CAPON, T.; VISSER, P. Methodologies for ontology development. In: *Proceedings of the Conference of the 15th IFIP World Computer Congress*, London, UK, p. 62–75, 1998.
- KARNSTEDT, M. et al. Semantic Caching in Ontology-based Mediator Systems. In: *Proceedings of Berliner XML-Tage*, Berlin, p. 155- 169, October, 2003.
- KAWAMOTO, K. et al. Improving clinical practice using clinical decision support systems: a systematic review of trials to identify features critical to success. *British Medical Journal*, v. 2, p. 330- 765, 2005.
- KEN. C. et al. Caching complementary space for location-based services. In: *Proceedings of the 10th International Conference on Extending Database Technology (EDBT)*, Munich, Germany, p. 1020–1038, 2006.
- KHO A. et al. Use of handheld computers in medical education. *Journal of General Internal Medicine*, v. 21, n.5, p. 531-537, 2006.
- KONG, G. L.; XU, D. L.; YANG, J. B. Clinical decision support systems: a review on knowledge representation and inference under uncertainties. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, v. 1, n. 2, p.159-167, 2008.
- LANDRY, R. et al. The knowledge-value chain: a conceptual framework for knowledge translation in health. *Bull World Health Organ*, v. 84, n. 8, p. 597-602, 2006.
- LASSILA, O. ; MCGUINNESS, D. The role of frame-based representation on the Semantic Web. *Electronic Transactions on Artificial Intelligence*, v. 6, n. 5, 2001. Disponível em: <

<http://www.ksl.stanford.edu/people/dlm/etai/lassila-mcguinness-fbr-sw.html>>. Acesso em: 18 Out. 2008.

LEWIS, S. E. Gene Ontology: looking backwards and forwards. *Genome Biol*, v. 6, p.103, 2004.

LINDQUIST et al. The use of the Personal Digital Assistant (PDA) among personnel and students in health care: a review. *J Med Internet Res*, v.10, n. 4, 2008. Disponível em: <<http://www.jmir.org/2008/4/e31/>>. Acesso em: 10 Set 2008.

LOH, S.; WIVES, L. K.; FRAINER, A. S. Recuperação semântica de documentos textuais na Internet In: *XXV Conferência Latino Americana de Informática* (CLEI), Assunção, Paraguai, v. 2. p. 827-836, 1999.

LOOS, B.; SCHWARTEN, L. A Semantic Memory for Incremental Ontology Population. In: *Proceedings of 6th International Conference on Language Resources and Evaluation*, Marrakech, Morocco, p. 929-932, 2008.

LOWE, H. J.; BARNETT, G. O. Understanding and using the medical subject headings (MeSH) vocabulary to perform literature searches. *Journal of the American Medical Association*, v. 271, n.14, p. 1103-1108, 1994.

LU, Y. C. et al. A review and a framework of handheld computer adoption in healthcare. *Int J Med Inform*, v. 74, n. 5, p. 409–422, 2005.

LU, H. M. et al. Ontology-enhanced Automatic Chief Complaint Classification for Syndromic Surveillance. *Journal of Biomedical Informatics*, v. 41, pp. 340–356, 2008.

MADHUKAR H. T. et al. Barriers to implementation of a computerized decision support system for depression: an observational report on lessons learned in "real world" clinical settings. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, v. 9, n. 6. Disponível em: <<http://www.biomedcentral.com/1472-6947/9/6>>. Acesso em: 30 jun. 2009.

MANICA, H.; CAMARGO, M. S. Caching Strategies for Mobile Databases. In: *Proceedings of the 6th International Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS)*, p. 545-555, Porto, 2004a.

MANICA, H.; CAMARGO, M. S.; CIFERRI, R. R.; CIFERRI, C. D. A. Processamento de Consultas Espaciais Baseado em *Cache* Semântico. In: *Proceedings of Brazilian Symposium on GeoInformatics* (GEOINFO), p. 423-435, Campos do Jordão, 2004b.

MANICA, H.; DANTAS, M. A. R.; CAMARGO, M. S. An Architecture for Location-Dependent Semantic *Cache* Management. In: *Proceedings of the 7th International Conference on Enterprise Information Systems*, p. 320-326, Miami, 2005.

MANICA, H.; DANTAS, M. A. R.; TODESCO, J. L. Gerenciamento de *Cache* Semântico para Sistemas Baseado em Localização. In: *Anais Eletrônicos dos Workshops SBAC-PAD 2007 – I Workshop on Pervasive and Ubiquitous Computing*, Gramado, 2007a.

MANICA, H.; DANTAS, M. A. R.; TODESCO, J. L. Processamento de Consulta Dependente de Localização em *Cache* Semântico para Dispositivos Móveis. *Hifen (Uruguiana)*, v. 31, p. 162-168, 2007b.

MANICA, H.; DANTAS, M. A. R.; TODESCO, J. L. Ontologia para compartilhamento e representação de conhecimento em saúde. *Diálogos & Saberes*, v. 4, p. 151-161, 2008a.

MANICA, H.; WALKOFF, A.; DANTAS, M. A. R.; TODESCO, J. L. Modelo de Sistema de Conhecimento para Serviço de Atendimento Móvel de Urgência. In: *XI Congresso Brasileiro de Informática em Saúde* (CBIS), Campos do Jordão, 2008b.

MANICA, H.; GUBIANI, J. S.; PACHECO, R. C. S.; SANTOS, N.; FIALHO, F. A. P. Tecnologias de Informação e Comunicação na Sociedade do Conhecimento: A necessidade de um novo profissional - o Engenheiro de Conhecimento. *Revista do CCEI*, v. 12, p. 31-41, 2008c.

MANICA, H.; DANTAS, M. A. R.; TODESCO, J. L.; BAUER, M. A. Toward Reducing Query Response Time for Mobile Emergency Assistance Applications through an Ontology-based Semantic Cache Model. In: *Proceedings of the International Conference on Information and Knowledge Engineering* (IKE'09), Las Vegas, 2009a.

MANICA, H.; ROCHA, C. C.; DANTAS, M. A. R.; TODESCO, J. L.; BAUER, M. A. Toward Developing Knowledge Representation in Emergency Medical Assistance through an Ontology-based Semantic Cache. In: *Proceedings of the 21st International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering* (SEKE'09), p. 592-596, Boston, 2009b.

MANICA, H.; DANTAS, M. A. R.; TODESCO, J. L.; BAUER, M. A. Developing a Lightweight Ontology to Emergency Medical Assistance for Mobile Devices Utilization. In: *IV Congresso da Academia Trinacional de Ciências (C3N)*, Foz do Iguaçu, 2009c.

MANICA, H.; VARVAKIS, G.; DANTAS, M. A. R. Atividades intensivas em conhecimento e inovação para agregar valor em serviços. *Acta Scientiarum Human and Social Sciences*, v. 31, p. 1-10, 2009d.

MANICA, H.; ROCHA, C. C.; DANTAS, M. A. R.; TODESCO, J. L. Um modelo para desenvolvimento de terminologia no domínio de emergência médica com utilização de dispositivos portáteis. In: *8th International Information and Telecommunication Technologies Symposium (I2TS'2009)*, Florianópolis, 2009e.

MEDLINE – Biblioteca Virtual em Saúde. Disponível em: <<http://medline.cos.com/>>. Acesso em: 18 Set 2009.

MeSH - Medical Subject Headings. Bethesda:US National Library of Medicine. Disponível em: < <http://www.nlm.nih.gov/mesh> >. Acesso em: 03 Jun. 2008.

MICHALOWSKI W. et al. Design and development of a mobile system for supporting emergency triage. *Methods of Information in Medicine*, v. 44, n.1, p. 1424, 2005.

MILER, R.; GEISSBUHLER, A. Clinical Diagnostic Decision Support Systems – An Overview. *Health Informatics Series*, Berner, Springer Verlag, p. 3-34, 1999.

MIZOGUCHI, R.; VANWELKENHUYSEN, J.; IKEDA, M. Task ontology for reuse of problem solving knowledge. In: *Proceedings of ECAI'94 Towards Very Large Knowledge Bases*, Amsterdam, IOS Press, 1995, p. 46-59, 1994.

MUSEN, M. A.; SHAHAR Y.; SHORTLIFFE, E. H. Clinical Decision Support Systems. *Medical Informatics*, Computer Applications in Health Care and Biomedicine, 2 ed., p. 573-609, 2001.

NETO, J. M. R. A Cardiologia no século XXI. O uso do PDA é indispensável? *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, v. 85, n. 6, Dezembro, 2005.

NEU-SC, Núcleo de Educação em Urgências do Estado de Santa Catarina. Disponível em: < <http://neu.saude.sc.gov.br/> >. Acesso em: 25 Jul. 2009.

NLM - National Library of Medicine, Medical Subject Headings, USA. Disponível em: <<http://www.nlm.nih.gov/mesh/>>. Acesso em: 25 Jul. 2009.

NOBRE, M. R. C.; BERNARDO, W. M.; JATENE, F. B. A prática Clínica Baseada em Evidências. Parte 1 – Questões Clínicas bem construídas. *Rev Assoc Médica Brasileira*, v. 49, n. 4, p. 445-449, 2003.

NONAKA, I.; TAKEUCHI, H. Criação de conhecimento na empresa. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

NOY, N.F.; MCGUINNESS, D.L. Ontology Development 101: a guide to creating your first ontology. Technical Report 2001-0880, Stanford University, Stanford, CA, 2001.

OLIVEIRA, E. F. B. et al. Avaliação de descritores na angiologia e cirurgia vascular em artigos publicados em dois periódicos nacionais. *Acta Cir Bras*, v.18, n.1, p. 62-72.

OWL - W3C Recommendation Web Ontology Language Guide. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/owl-features/>>. Acesso em: ago. 2007.

PACHECO, R.C. S.; SANTOS, N.; FIALHO, F. A. P. Parte II: Engenharia do Conhecimento. Notas de Aula. Programa de Pós Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, UFSC, 2007.

PELLIZZON, R. F. Pesquisa na área da saúde: 1. Base de dados DeCS (Descritores em Ciências da Saúde). *Acta Cirúrgica Brasileira*, v. 19, n. 2, p. 153-163.

PEREZ, A. G. et al. A survey on ontology tools. Universidad Politecnica de Madrid, 2002. Disponível em: <<http://www.aifb.uni-karlsruhe.de/WBS/ysu/publications/OntoWeb\Del\1-3.pdf>>. Acesso em: 19 ago. 2008.

PISANELLI, D.; GANGEMI, A.; STEVE. G. An ontological analysis of the UMLS methatesaurus. In: *Proceedings of AMIA*, 1998. Disponível em: < <http://www.loa-cnr.it/Papers/amia98.pdf> >. Acesso em: 19 ago. 2009.

PROTEGE. Ontology editor and knowledge-base framework. Disponível em: <<http://protege.stanford.edu/>>. Acesso em: ago. 2008.

RAUTENBERG, S. TODESCO, J. L., GAUTHIER, F. A. O. Processo de desenvolvimento de ontologias: uma proposta e uma ferramenta. *Rev. Tecnol.*, Fortaleza, v.30, n.1, p. 133-144, 2009.

RECTOR, A. L. Clinical terminology: why is it so hard? *Methods Inf Med*, v. 38, n. 4-5. p. 239-252, 1999.

REN, Q.; DUNHAM M. H. Using Clustering for Effective Management of a Semantic Cache in Mobile Computing. In: *Proceedings of the International Workshop of MobiDE*, Seattle, USA, p. 94-101, 1999.

REN, Q.; DUNHAM M. H. Using Semantic Caching to Manage Location Dependent Data in Mobile Computing. In: *Proceedings of Mobicom*, p. 210-221, 2000.

REN, Q.; DUNHAM, M. H.; KUMAR, V. Semantic Caching and Query Processing. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, v. 15, n. 1, p. 192-210, 2003.

RIBEIRO, R. C. Cardiologia baseada em evidências. *Revista Mineira de Saúde Pública*, n. 4, p. 83-98, 2004.

ROJAS I. et al. Notes on the use of ontologies in the biochemical domain. *Silico Biol*, v. 4, n. 1, p. 89-96, 2004.

ROSSETTO, A. G. M. *Uma Abordagem para Tratamento da Desconexão de Dispositivos Móveis na Utilização de Recursos de Grid Computacional*. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação. Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Brasil.

RUBIN, L.; SHAH, N. H.; NOY, N. F. Biomedical ontologies: a functional perspective. *Briefings in Bioinformatics*, v. 9, n. 1, p. 75-90, 2008.

SALOMÃO, P. L. *Utilização do computador de mão integrado à telefonia celular no atendimento médico: desenvolvimento de sistema e avaliação*. Tese (Doutorado). Programa de Pós Graduação em Informática em Saúde. Universidade Federal de São Paulo. UNIFESP, Brasil, 2007.

SAMU - Serviço de Atendimento Móvel de Urgência. Disponível em: <http://portal.saude.gov.br/portal/saude/area.cfm?id_area=456 > . Acesso em: 06 jan. 2008.

- SCHREIBER, G. et al. Knowledge engineering and management: the CommonKADS Methodology. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, England, 2000.
- SILVA, E.; MENEZES, E. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001.
- SMITH, B.; SHAH, N. How to make useful ontologies for biomedicine - Tutorial. In: *6th Annual International Conference on Intelligent Systems for Molecular Biology*, Toronto, July, 2008.
- SNOMED Clinical Terms, User Guide, July 2008, International Release. Disponível em:<
http://www.ihtsdo.org/fileadmin/user_upload/Docs_01/SNOMED_CT_Publications/SNOMED_CT_User_Guide_20080731.pdf>. Acesso em: 06 jan. 2009.
- STEVENS R. et al. Building a bioinformatics ontology using OIL. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, v. 6, n. 2, p. 135-141, 2002.
- SZOLOVITS, P. Uncertainty and Decisions in Medical Informatics. *Methods of Information in Medicine*, v. 34, p. 111-121, 1995.
 Disponível em:<
<http://groups.csail.mit.edu/medg/people/psz/ftp/uncertainty.pdf>>.
 Acesso em: 01 de out. 2009.
- TRAVASSOS, G. H. et al. Introdução à Engenharia de Software Experimental. Relatório Técnico ES-590/02-Abril, Programa de Engenharia de Sistemas e Computação, COPPE/UFRJ, 2002.
- TRIVIÑOS, A. N. S. Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 1987.
- UMLS. Documentation Knowledge Sources, November Release 2007AC. Disponível em:
 <http://www.nlm.nih.gov/research/umls/umlsdoc_intro.html#s1_5>
 Acesso em: 06 jan. 2008.
- USCHOLD, M.; GRUNINGER, M. Ontologies: principles, methods an applications. *Knowledge Engineering Review*, v. 11, n. 2, p. 93-136, 1996.

VALARAKOS et al. Enhancing ontological knowledge through ontology population and enrichment. In: *The 14th International Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management*, Springer-Verlag, p. 144-156, 2004.

VASCONCELOS, J.; HENRIQUES, R.; ROCHA, A. Modelo para desenvolvimento de sistemas de apoio à decisão clínica para a prática da medicina baseada na evidência. In: *Anais do X Congresso Brasileiro de Informática em Saúde*, Florianópolis, Brasil, p. 1162-1167, 2006.

VON KROGH, G.; ICHIJO, K.; NONAKA, I. Facilitando a criação de conhecimento: reinventando a empresa com o poder da inovação contínua. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

WITTEMAN, Jeroen. BatteryGraph Overview. Disponível em: <<http://palm.jeroenwitteman.com/BatteryGraph/>> Acesso em: 19 de jul. 2009.

YAMAMOTO, K. Em SP, 76% dos formandos em medicina erram questão básica de emergência. Portal UOL Educação. Disponível em: <<http://educacao.uol.com.br/ultnot/2009/05/25/ult105u8094.jhtm>>. Acesso em 26 mai. 2009.

YU, A. C. Methods in biomedical ontology. *Journal of Biomedical Informatics*, v. 39, n. 3, p. 252-266, 2006.

ZHENG, B. ; LEE, W-C.; LEE, D. L. On Semantic Caching and Query Scheduling for Mobile Nearest-Neighbor Search. *ACM Wireless Networks*, v. 10, n. 6, p. 653-664, 2004.

ZWEIGENBAUM, P. et al. Issues in the structuring and acquisition of an ontology for medical language understanding. *Methods Information in Medicine*, v. 34, n. 1-2, p. 15-24, 1995.

APÊNDICE A – PUBLICAÇÕES

MANICA, H.; DANTAS, M. A. R.; TODESCO, J. L. Gerenciamento de *cache* semântico para sistemas baseado em localização. In: *Anais Eletrônicos dos Workshops SBAC-PAD 2007 – I Workshop on Pervasive and Ubiquitous Computing*, Gramado, 2007.

MANICA, H.; DANTAS, M. A. R.; TODESCO, J. L. Processamento de consulta dependente de localização em *cache* semântico para dispositivos móveis. *Hífen (Uruguaiana)*, v. 31, p. 162-168, 2007.

MANICA, H.; DANTAS, M. A. R.; TODESCO, J. L. Ontologia para compartilhamento e representação de conhecimento em saúde. *Diálogos & Saberes*, v. 4, p. 151-161, 2008.

MANICA, H.; GUBIANI, J. S.; PACHECO, R. C. S.; SANTOS, N.; FIALHO, F. A. P. Tecnologias de Informação e Comunicação na Sociedade do Conhecimento: A necessidade de um novo profissional - o Engenheiro de Conhecimento. *Revista do CCEI*, v. 12, p. 31-41, 2008.

MANICA, H.; WALKOFF, A.; DANTAS, M. A. R.; TODESCO, J. L. modelo de sistema de conhecimento para serviço de atendimento móvel de urgência. In: *XI Congresso Brasileiro de Informática em Saúde (CBIS'08)*, Campos do Jordão, 2008.

MANICA, H.; CARVALHO NETO, C. Z.; GUBIANI, J. S. Computação móvel na educação: em busca de conhecimento ubíquo. In: *III Congresso Nacional de Ambientes Hipermídias para Aprendizagem (CONAHPA'08)*, São Paulo, 2008.

MANICA, H.; DANTAS, M. A. R.; TODESCO, J. L.; BAUER, M. A. Toward reducing query response time for mobile emergency assistance applications through an ontology-based semantic *cache* model. In: *Proceedings of the International Conference on Information and Knowledge Engineering (IKE'09)*, Las Vegas, 2009.

MANICA, H.; ROCHA, C. C.; DANTAS, M. A. R.; TODESCO, J. L.; BAUER, M. A. Toward developing knowledge representation in emergency medical assistance through an ontology-based semantic *cache*. In: *Proceedings of the 21st International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering (SEKE'09)*, p. 592-596, Boston, 2009.

MANICA, H.; VARVAKIS, G.; DANTAS, M. A. R. Atividades intensivas em conhecimento e inovação para agregar valor em serviços. *Acta Scientiarum Human and Social Sciences*, v. 31, p. 1-10, 2009.

MANICA, H.; DANTAS, M. A. R.; TODESCO, J. L.; BAUER, M. A. Developing a Lightweight Ontology to Emergency Medical Assistance for Mobile Devices Utilization. In: *IV Congresso da Academia Trinacional de Ciências (C3N'09)*, Foz do Iguaçu, 2009.

MANICA, H.; ROCHA, C. C.; DANTAS, M. A. R.; TODESCO, J. L.; BAUER, M. A. Um modelo para desenvolvimento de terminologia no domínio de emergência médica com utilização de dispositivos portáteis. In: *8th International Information and Telecommunication Technologies Symposium (I2TS'09)*, Florianópolis, 2009.

APÊNDICE B – DIAGRAMAS DO PROTÓTIPO

As figuras 48 e 49 apresentam, respectivamente, os diagramas de classes dos módulos servidor e cliente do protótipo. As classes criadas para o módulo servidor (Figura 48), *OntologyUtils* e *Servidor* possuem as atribuições referentes as consultas realizadas no servidor bem como a análise da palavra-chave. No módulo cliente, as classes modeladas são as seguintes (Figura 49):

- *Cronômetro*: controla o tempo de execução de consultas;
- *NetWorkUtils*: realiza a comunicação entre o dispositivo móvel e o servidor;
- *BasicMidlet*: classe principal, apresenta a interface do usuário do dispositivo móvel;
- *EstruturaRoteiro*: classe auxiliar;
- *CacheSemantico*: classe abstrata que declara os métodos que devem ser implementados para manipulação do *cache* semântico;
- *EstruturaRespostaConsulta*: classe que representa a resposta de uma consulta realizada, oferece métodos para recuperar os documentos encontrados;
- *TabelaSegmentosSemanticos*: classe que representa a tabela de segmentos semânticos; oferece métodos para inserir, remover e localizar segmentos semânticos;
- *SegmentoSemantico*: classe que representa um segmento semântico;
- *HitRateController*: contabiliza a quantidade de consultas respondidas em *cache*;
- *Utils*: classe auxiliar que armazena variáveis frequentemente utilizadas pelo protótipo (porta de conexão por *socket*, capacidade da tabela de segmentos semânticos).

O diagrama ilustrado na Figura 50 apresenta a sequência das principais ações executadas no dispositivo móvel, desde a execução de uma consulta até que a resposta seja apresentada ao usuário especialista.

As demais funcionalidades desenvolvidas no módulo cliente para avaliar o protótipo são apresentadas nos diagramas ilustrados nas Figuras 51 a 56. O diagrama ilustrado na Figura 57 apresenta a sequência das principais ações executadas no servidor, ao receber uma solicitação da aplicação *cache* semântico.

| OntologyUtils |
|---|
| - ONTOLOGY_URL_LINUX : String = "file:/windows/ComCS/UE_final.owl" - ONTOLOGY_URL_WINDOWS : String = "file:/C:/ComCS/UE_final.owl" - ONTOLOGY_SOURCE : String = "http://www..." - ONTOLOGY_PATH_LINUX : String = "windows/ComCS/UE_final.owl" - ONTOLOGY_PATH_WINDOWS : String = "C:/ComCS/UE_final.owl" - FILTRO_CONSULTA : String[] = {"Gestos_materiais_tecnicas","Sindromes","Outros"} - FILTRO_GMT : String[] = {"Indicaco..." - FILTRO_SINDROMES : String[] = {"confirma..."} |
| ~ analisaPalavraChave(palavraChave : String) : String ~ consultaRotina(palavraChave : String, filtroConsulta : String, filtros : int[], sinonimosDeCS : LinkedList<String>) : EstruturaRespostaConsulta ~ incrementaUtilizacaoDocumentos(documentosEncontrados : Vector<String>) : void ~ incrementaUtilizacaoDocumentoCache(nomeDocumento : String, frequencia : int) : void ~ insereTermoNaoEncontrado(palavraChave : String, tipoConsulta : String, filtro : String) : void ~ executaConsulta(queryString : String) : ResultSet ~ pesquisaDeCS(palavraChave : String, filtroConsulta : String, filtros : int[]) : EstruturaRespostaConsulta ~ sugereIndexacao(palavraChave : String, termo : String, filtroConsulta : String, filtros : int[]) : void + insereSinonimoDeCS(termo : String, sinonimosDeCS : LinkedList<String>) : void + insereTermoLexicoUE(descriptor : String, definicao : String, sinonimos : LinkedList<String>, fonte : String) : void |

| Servidor |
|---|
| - FILTRO_CONSULTA : String[] = {"Gestos_materiais_tecnicas","Sindromes","Outros"} - FILTRO_GMT : String[] = {"Indicaco..." - FILTRO_SINDROMES : String[] = {"confirma..." - OPCAO_CONSULTA : int = 0 - OPCAO_ATUALIZA_FREQUENCIA_DOC_REMOVIDO : int = 1 - PORT_STRING : String = "5000" - URL_SERVIDOR : String = "http://www.inf.ufsc.br/~crocha" - FORMATO_DOCUMENTO : String = ".txt" - stop : boolean |
| + run() : void + stop() : void + main(args : String[]) : void - serializaMensagem(resultado : Vector<String>) : String |

Figura 48: Diagrama de classes – Servidor.

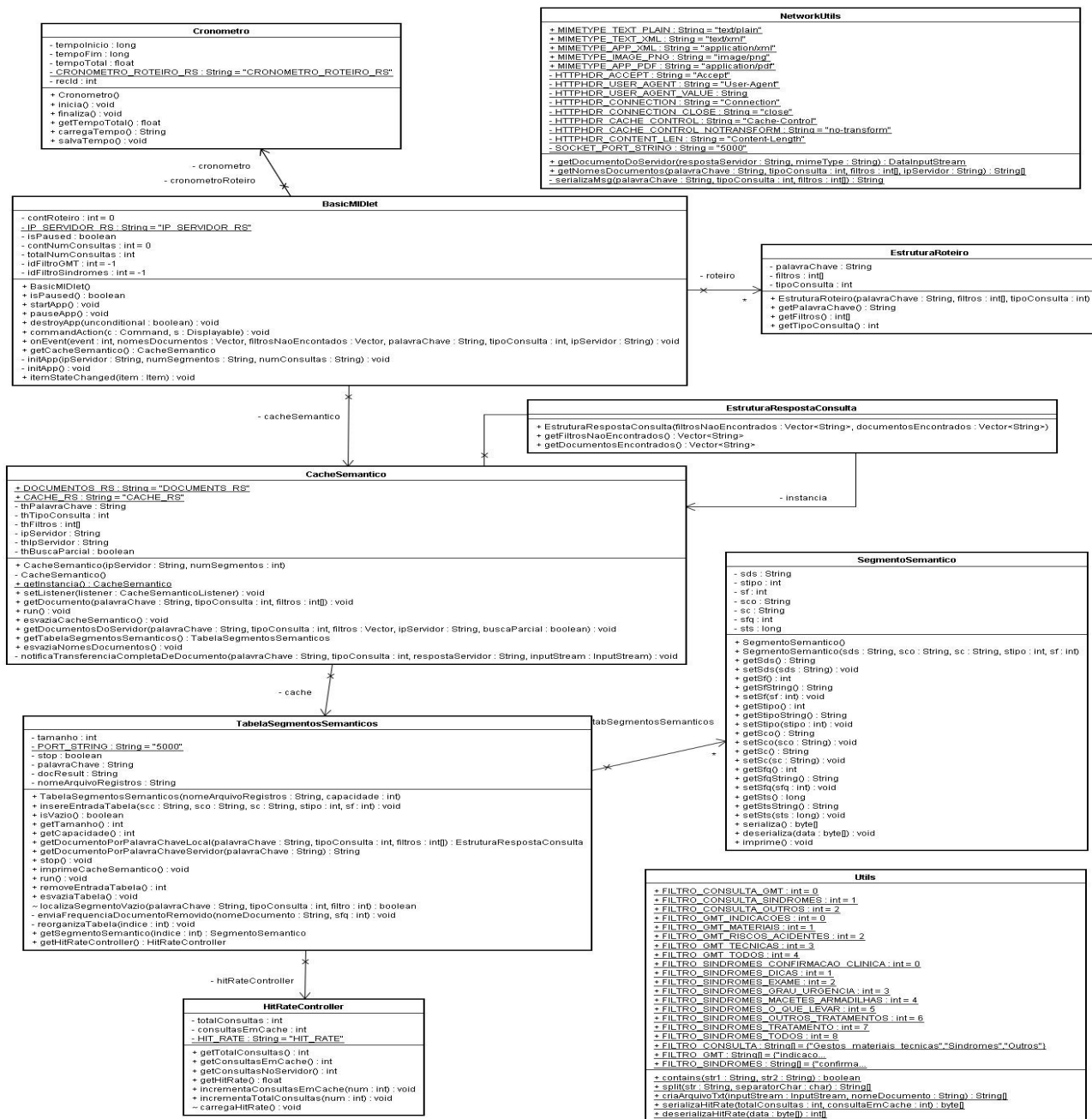


Figura 49: Diagrama de classes – Dispositivo Móvel.

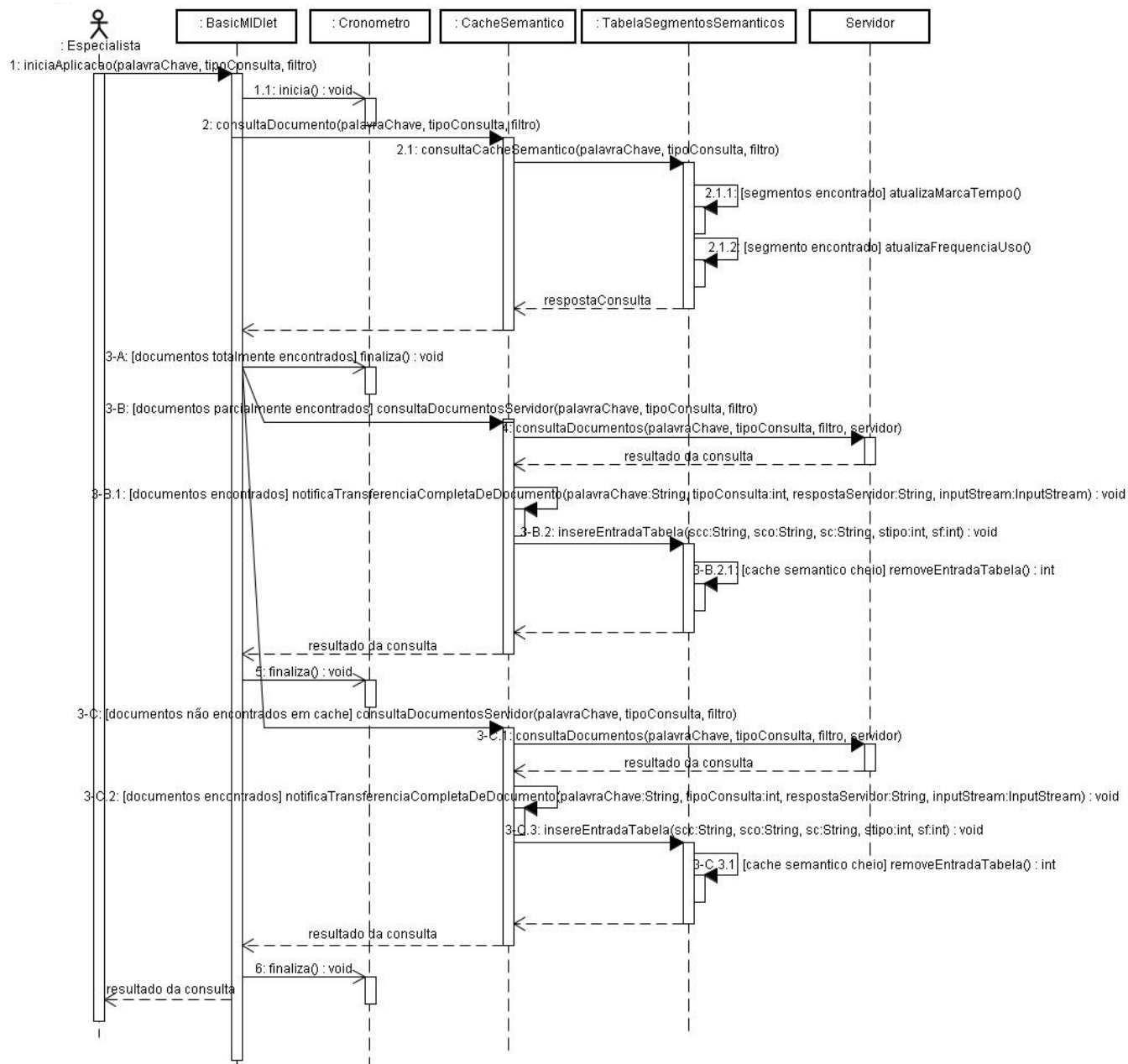


Figura 50: Diagrama de sequência – Consulta no dispositivo móvel.

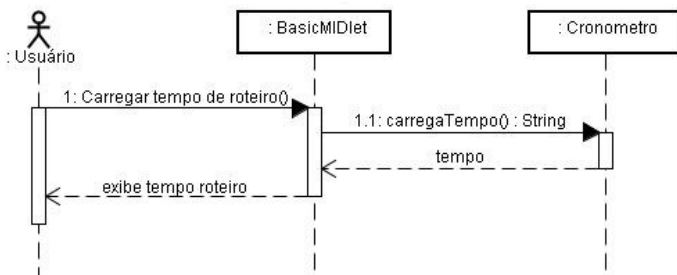


Figura 51: Diagrama de sequência – Tempo da última consulta.

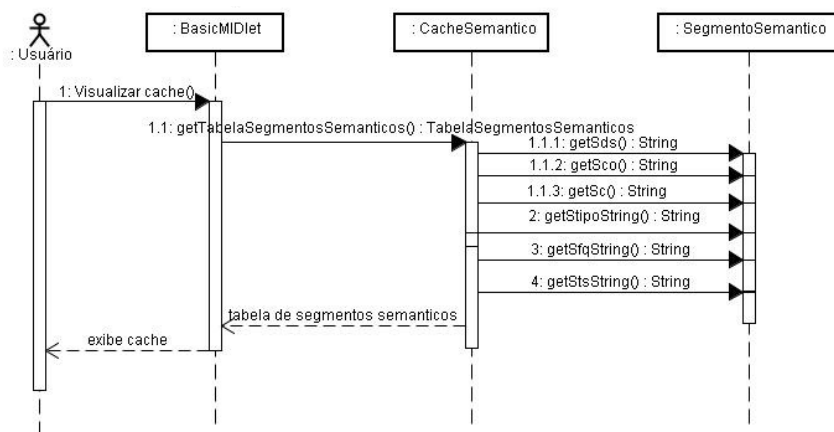


Figura 52: Diagrama de sequência – Visualizar cache.

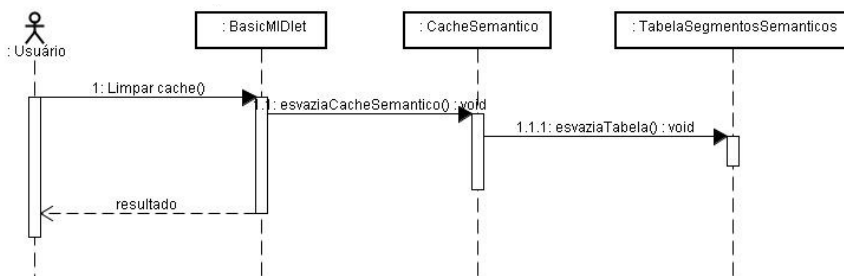


Figura 53: Diagrama de sequência – Limpar cache.

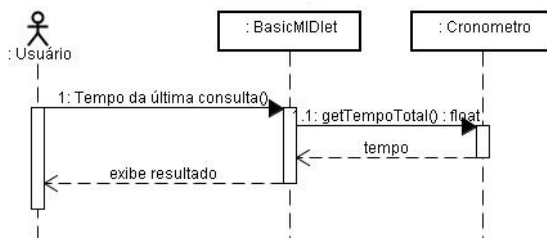


Figura 54: Diagrama de sequência – Carregar tempo de roteiro.

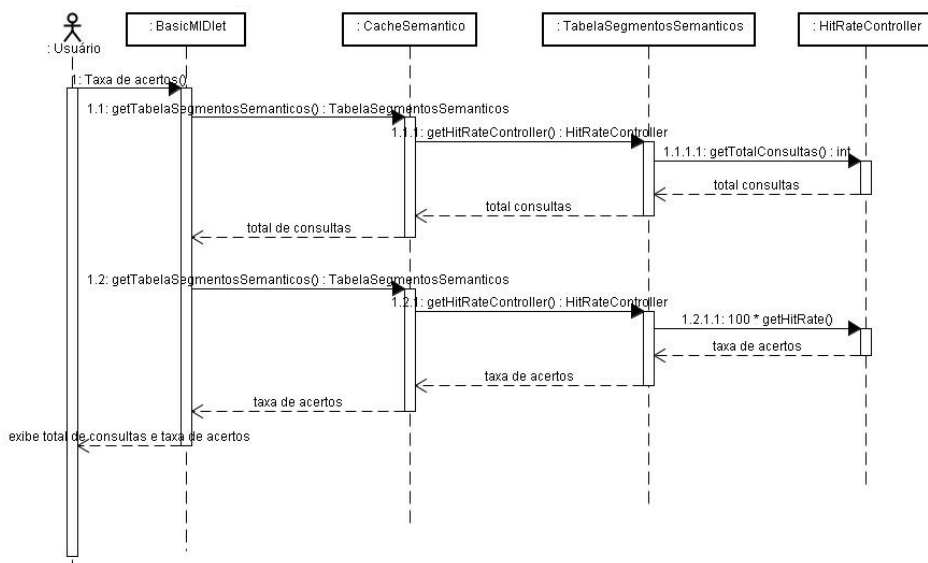


Figura 55: Diagrama de sequência – Taxa de acertos.

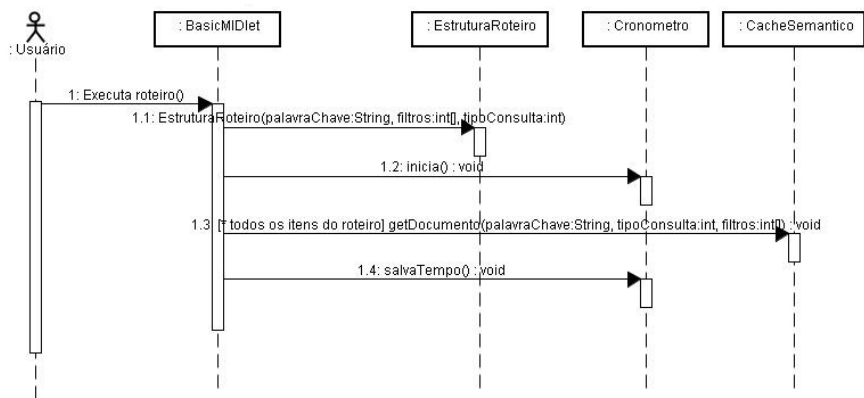


Figura 56: Diagrama de sequência – Executa roteiro

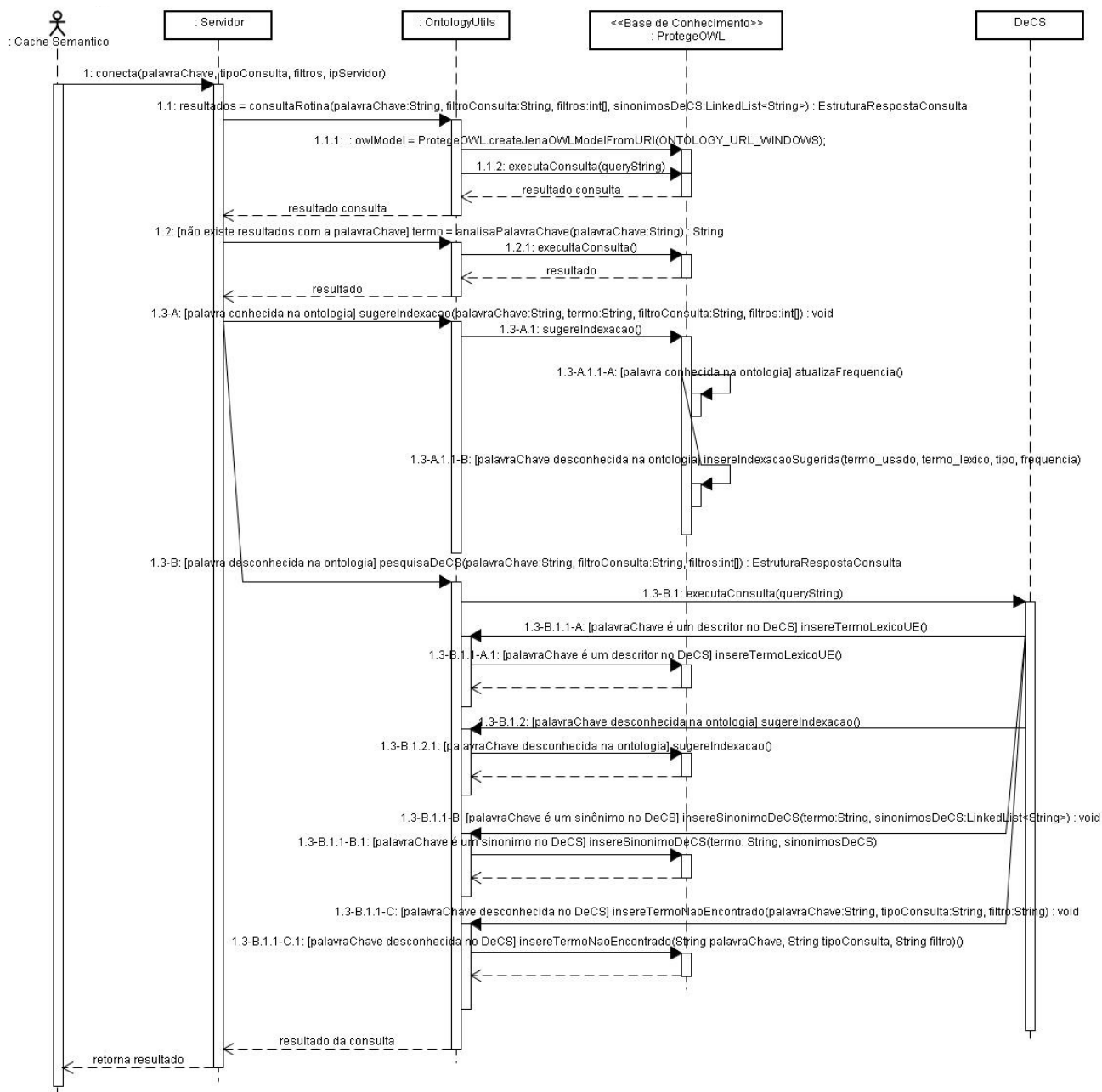


Figura 57: Diagrama de sequência – Consulta no servidor.